И.П.ЕМЕЛЬЯНОВ

Структура биологических ритмов человека в процессе адаптации

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ЯКУТСКИЙ ФИЛИАЛ
ОТДЕЛ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ
И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

И. П. ЕМЕЛЬЯНОВ

СТРУКТУРА БИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Ответственный редактор
д-р мед. наук проф. *Н. Н. Василевский*





НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1986

УДК 578.087.1

Емельянов И. П. Структура биологических ритмов человека в процессе адаптации. Статистический анализ и моделирование.— Новосибирск: Наука, 1986.

Монография посвящена современной теории и практике изучения временной структуры биологических ритмов, разработке математических методов их анализа. Показывается новое направление в физиологии циркадных ритмов, адаптации человека к климатогеографическим и другим факторам среды. Выявляются критерии потенциальной адаптируемости и функционального состояния человека в экспериментальных условиях Севера. Предлагаются три алгоритма и две функциональные системы устройств для автоматизации научного эксперимента.

Книга предназначена для научных работников и специалистов в области бионики, биологической кибернетики, физиологии, прикладной математики.

Рецензенты *В. А. Матюхин, Н. Г. Скрябин*

$E\frac{2001040000-883}{042(02)-86}201-86-IV$

ОТ РЕДАКТОРА

Исследование посвящается решению вопросов адаптации человека к новым районам освоения в экологических условиях Крайнего Севера и конкретно касается временной структуры физиологических ритмов как важнейшего показателя адаптации на основе статистических характеристик и математического моделирования.

Известно, что биоритмологическая структура функций представляет собой сложный периодический процесс, зачастую далекий от синусоидальности, состоящий из множества компонент, сложным образом распределенных во времени и взаимном отношении друг к другу. В это связи многие методы, применявшиеся за последние 15—20 лет, в настоящее время не позволяют достаточно строго судить о компонентном составе биоритмов не только в пределах циркадной и ультрадной ритмики, но и других ее видов. Именно это и определило задачи настоящего исследования, которые автор формулирует в плане создания унифицированной методологии биоритмологического анализа хронограмм, математического моделирования сложных по структуре биоритмов, выявления наиболее информативных критериев адаптации и потенциальной адаптируемости организма человека в ее индивидуальных вариациях. В целом подход автора можно определить как спектральную биоритмологию, нацеленную на развитие статистически корректных методов описания и моделирования компонентного состава биоритмов, формы волн отдельных колебаний и их связности.

Как видно, автором поставлены современные актуальные задачи и с ними он успешно справился. Автор многие годы находился в творческом контакте с крупнейшими в данной области специалистами нашей страны (А. М. Зимкиной, А. Д. Слонимом и др.), а также творчески и критически обобщил опыт, накопленный в научных лабораториях мира. Об этом свидетельствует литературная часть монографии.

Работа написана необычно, а именно, первая глава (несколько менее 1/3 общего объема текста) является основной, включает литературный обзор, общую методику и объекты наблюдения. В следующей главе описываются более тонкие параметры биорит-

мологической структуры функций (синхронизация акрофаз, свойства синфазности и др.); в третьей главе — вопросы гармоничности хронограмм; в четвертой — динамика изучаемых автором параметров хронограмм в процессе адаптации; в пятой — прикладные вопросы.

Как уже указывалось, основные статистики описания циркадного ритма исходят из его синусоидальности, что приводит к известным трудностям в случае явной несинусоидальности и при наличии дополнительных более высоко- или низкочастотных компонентов в пределах суточного ритма. Автор, основываясь на методе Т. В. Андерсона [1976], добился построения так называемого косинорова тела, позволяющего детально анализировать отдельные гармоники вне зависимости (!) от обнаружения других, что и придало его подходу новизну и более высокую ценность в компонентном анализе биоритмологической структуры суточной и околосуточной изменчивости физиологических функций. Важным этапом в проверке исходных гипотез автора явилось математическое моделирование биоритмов путем применения процедуры построения (по терминологии автора) «косиноровой пещеры», отражающей всю совокупность отдельных хронограмм по каждому ритму в их временной и пространственной взаимозависимости. Статистические приемы автора позволили выделить 12-, 8- и 6-часовые компоненты суточного ритма, оценить их синхронизацию, дисперсию, статистическую достоверность и невоспроизводимость на модели «белого шума». То, что удалось добиться автору, является результатом глубокого знания статистики и теории математического моделирования, виртуозного владения программированием и квалифицированного использования ЭВМ, понимания биологических основ адаптации, адаптивной саморегуляции функций и их временной динамики.

Подход реализован на солидной фактологии, полученной в различных условиях жизнедеятельности человека, включая не только наблюдения в условиях северного региона (Якутия). Важно подчеркнуть, что по предложению проф. А. Д. Слонима был проанализирован архивный материал его учеников, что придает еще большую уверенность в научной эффективности разработанных методов, поскольку часть исходных численных данных была собрана независимо от установок автора («слепой» контроль).

Обратимся к конкретным результатам. Изучены суточная и внутрисуточная структура биоритмов температуры тела, частоты пульса, артериального давления, мышечной силы кистей рук, дыхания и ЭЭГ. Ритм температуры тела включает 24- и 12-часовые составляющие, а частота пульса—24-, 12- и 8-часовые. По 24- и 12-часовых составляющих биоритмы этих показателей имеют одинаковые постоянные амплитуды и синхронные акрофазы.

Суточные ритмы систолического и диастолического артериального давления, частоты дыхания, мышечной силы, длительности тестов перебора и перемножения чисел включают 24-, 12-, 8- и 6-часовые синусоиды в различных комбинациях. Выявлена опре-

деленная последовательность акрофаз по 24-часовым синусоидам для частоты пульса, температуры, силы, скорости счета, АД, скорости перебора чисел. Среди 12-, 8- и 6-часовых синусоид имеются свой порядок следования акрофаз функций с различной степенью их синхронизации, различные формы волн и другие свойства, которые справедливо объясняются неодинаковой подвижностью функций, разной включаемостью в ассоциативное управление в ходе формирования системных и межсистемных стереотипов адаптивного регулирования функций, различной пластичностью, сложными соотношениями «жестких» и «гибких» звеньев по Н. П. Бехтеревой.

Автор осуществил анализ периодичности функций в различных условиях деятельности и состояния организма человека, выявив специфические черты биоритмологической структуры циркадных и ультрадных ритмов. Нормальное чередование акрофаз компонентов циркадного биоритма изменяется при адаптации на Севере, при работе на открытом воздухе, при эмоциональном и психическом напряжении (см. гл. 2—5) и других состояниях.

Развивается гипотеза о вероятностно-статистических свойствах скрытых периодичностей. Это может быть связано с тем, что каждая функция интегрирует в своей динамике физические, тонические и периодические регуляторные влияния, отражая в данный момент общий их итог. С биологической точки зрения подобная организация регуляции функций чрезвычайно выгодна, но для экспериментального анализа создает известные трудности. Вот почему автор не ограничился измерениями в каких-то одних условиях жизнедеятельности человека, а рассмотрел биоритм в разных с неодинаковой проявляемостью составляющих компонент суточной динамики ритмов. Этот же подход позволил сформулировать важные прикладные обобщения, в частности в отношении критериев адаптивности, глубины адаптационного процесса и напряжения (физиологической «цены» адаптации).

В плане углубления вероятностно-статистической гипотезы И. П. Емельянов особенно четко представил проблему обнаружения и измерения сигналов с учетом их статистических погрешностей в условиях равно- и неравноотставленных друг от друга замеров для априори известных и неизвестных функций.

В этом отношении представляемая работа является образцовой по тщательности и корректности, что, к сожалению, недостаточно практикуется в биологии и физиологии, несмотря на исключительную сложность изучаемых явлений и, в связи с этим, большую опасность некорректной методологии измерений, обнаружений и отождествлений. Взаимоотношения объекта и методики измерений являются фундаментальной проблемой в естественных науках, в том числе и в физиологии.

В свете этих положений И. П. Емельянов подчеркнул недостатки процедуры Косинор-анализа и доказал корректность развитого им подхода в виде «косиноровых тел» и «косиноровых пещер». Для неравноотстоящих измерений, так же как и в частном случае

равноотстоящих, предложена резонансная методология построения статистических моделей временной динамики функций с возможностью точных оценок и формы, синхронизации и упорядоченности во времени компонент биоритма, несводимости выявленных компонент к шумоподобным флуктуациям. Соответственно найдена оптимальная процедура численных расчетов, что, мы подчеркиваем, особенно важно для физиологии и в общем случае для развития основ теоретической биологии. В своем исследовании автор не только обосновал и выполнил общую расчетную часть, но и дал практически оптимальную схему анализатора биоритмов (см. гл. 3).

Таким образом, созданная унифицированная методика анализа структуры физиологических ритмов позволила показать, что в суточной временной организации физиологических функций существуют не только циркадные, но и замаскированные, ранее не выявляемые кратные ультрадные компоненты, которые при наложении формируют определенную суточную конфигурацию, воспроизводимую в широком спектре состояний адаптации. Это позволяет рассматривать форму волны биоритма как отражение скрытых в ней периодичностей и открывает возможность изучения специфики биоритмов различных физиологических функций.

Получены принципиально новые данные о существовании в циркадных ритмах многих физиологических функций (температуры тела, частоты пульса и др.) помимо суточной еще и 12-, 8- и 6-часовых синусоид и их комбинаций, а в биоритмологической структуре ЭЭГ установлены прерываемость и повторяемость с минутными и секундными колебаниями. Кратность синусоид ультрадных ритмов суточному и существование этих синусоид с одними и теми же параметрами у различных групп лиц, обследованных в разных условиях жизнедеятельности, позволили предположить, что способность к прецизионному отсчету времени у физиологических систем обеспечивается на основе кратной цикличности (гармоничности), которая устанавливается статистически. Статистическая гармоничность основана на предложенных методах построения и моделирования «косинородых тел» и «косинородых пещер» и открывает новые перспективы в понимании взаимодействия биоритмов, формирующих сложные последовательности и межсистемные пространственные организации. Этот подход открывает также пути в исследовании индивидуальной структуры ритмов, точнее отражающих ход адаптационных процессов, физиологический резерв и реактивность организма.

Практическая ценность и реализация полученных результатов состоит в выявлении критериев, характеризующих функциональное состояние человека, и прогностических критериев потенциальной адаптируемости, а также в разработке трех алгоритмов и двух специальных устройств для автоматического анализа ЭЭГ и автоматизации научного эксперимента по исследованию структуры физиологических ритмов.

Биоритмологическая концепция автора привлекательна, надо полагать, не только для физиологии и медицины. По-видимому, уже в ближайшее время будут достигнуты новые результаты в физиологии спорта и труда, кардиологии, гастроэнтроэнтерологии и многих других направлениях медицины. Предлагаемый подход ценен и для физиологии, и в патологии, для понимания десинхронозов, дизадаптаций, нарушений баланса между нервными, вегетативными и соматическими функциями; в оценке эффективности лекарственной терапии, в процессе реабилитации различных категорий больных. Концепция автора чрезвычайно важна для изучения любых циклических процессов в материальных системах. К его методам может определиться интерес в космических, геофизических, метеорологических, океанографических и многих других направлениях науки. Исследователей привлечет не только четкость методологии, но и возможность быстрого внедрения с использованием ЭВМ, так как автор приводит конкретные программы анализа и моделирования структуры, формы и статистической гармоничности колебаний. Это ценное приложение к монографии. К сожалению, подобные материалы не так часто встречаются в научной литературе последних лет, несмотря на острейшую в них нужду.

Н. Н. Василевский

ГЛАВА 1

ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА БИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ

1.1. АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМЫ ВОЛНЫ КАК УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СТРУКТУРЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ

Планомерное освоение новых районов в Якутской АССР, в Красноярском крае связано с дальнейшим развитием производительных сил Сибири, с заселением зоны БАМ. Возникает необходимость переселения большого числа людей в восточные районы страны с последующим закреплением кадров в новых районах, в рациональном использовании трудовых ресурсов коренного населения (новые профессии, новый трудовой режим, новый уклад жизни). В связи с этим целесообразно подготовить научную основу для выработки практических рекомендаций, способствующих охране здоровья населения, высокой производительности труда, закреплению кадров и увеличению численности населения в осваиваемых районах страны.

Для решения проблем освоения новых районов в медико-биологическом плане успешно ведутся интенсивные комплексные исследования, возглавляемые СО АМН СССР. Идейной основой разработок являются представления об адаптации как одном из фундаментальных свойств системы, связанной с напряжением организма на измененные внешние воздействия.

М. Г. Колпаков [1974] одним из первых начал развивать биоритмологический подход, основанный на математических методах статистического анализа для исследования и оценки процессов адаптации в условиях восточных районов страны и Крайнего Севера. Успешность этого подхода в значительной мере была поставлена в зависимость от развития современной теории специфических особенностей процессов адаптации в условиях высоких широт.

В. П. Казначеев [1973, 1974, 1980] выдвинул и обосновал вышеизложенные представления об адаптации, а затем — теорию адаптации человека в высоких широтах на основе сформулированного им же «синдрома полярного напряжения».

Важнейшим аспектом дальнейшего углубления и развития современных представлений об адаптации является выявление и изучение особенностей социальных, климатогеографических и других факторов на организм человека в восточных и приполярных районах страны.

Н. Р. Деряпа и др. [1975] исследовали роль метеорологических факторов в становлении суточных ритмов функций коры над-

почечников у человека. При обследовании группы в условиях резко континентального климата Западной Сибири установлено, что в становлении суточных ритмов большую роль играют изменения температуры воздуха и относительной влажности. Таким образом, изменения температуры окружающей среды (охлаждение) определенным образом должны найти свое отражение в измененной динамике суточных физиологических ритмов, связанных с активностью ферментов в органах-мишенях при усилении энергообмена, что выражается в конечном итоге в повышении температуры тела и учащении пульса.

Другой не менее важный аспект изучения проблемы адаптации в осваиваемых восточных районах страны относится к процессам перестройки биоритмов в связи с изменением часовых поясов в результате переезда кадров в новые районы — биоритмологии перемещений [В. А. Матюхин и др., 1976] и, что особенно важно, при внезапной смене временной среды [Н. И. Моисеева, 1975].

А. Д. Слоним [1954] положил начало развитию теории, согласно которой важнейшими факторами в установлении суточного стереотипа физиологических ритмов у человека (в отличие от животных) в первую очередь являются социальные. С. О. Рутенбург и А. Д. Слоним [1976] показали влияние различных видов труда и отдыха на суточный режим физиологических функций человека, при этом авторы подчеркивают, что «хотя сама конфигурация суточной кривой многократно описывалась и подвергалась самому тщательному геометрическому и математическому анализу, до сих пор остается неизвестным физиологический механизм перехода от одной фазы суточного цикла к другой, т. е. переход от дневной (для человека) фазы активности к вечерней и ночной фазе покоя». «Рассматриваемый переход,— пишут они далее,— зависит не только от наличного воздействия факторов среды; снижение функций предупреждает во времени ограничение или прекращение двигательной активности. Этот предупреждающий сдвиг заставляет думать, что его механизм связан с образованием условного рефлекса на время. Если так, то смещение такого предупредительного сигнала или его запаздывание во времени может рассматриваться как нарушение высшей нервной деятельности, как нарушение центральных координаций жизненного стереотипа».

В аспекте данных представлений по-новому раскрывается важность исследования влияний различных трудовых процессов, смены режима сон — бодрствование и других социальных факторов на суточные физиологические ритмы, и в особенности приобретает большое самостоятельное значение систематическое изучение формы волны биоритмов [Смирнов и др., 1975].

Социальные стимулы меняют форму кривых суточной периодичности [Wever, 1972], причем по-разному в силу специфичности осцилляторов тех или иных показателей физиологических ритмов.

Из цитируемых выше положений А. Д. Слонима и их дальнейшего развития [Смирнов, 1976, 1980 и др.; Wever, 1972, 1975 и

др.] исследования в этом аспекте высшей нервной деятельности, в свою очередь, оказываются в тесной взаимосвязи с изучением закономерностей ритмики быстротекущих нейрофизиологических процессов в головном мозге.

Н. Н. Василевский [1976] развивает представления, согласно которым у человека биоритмы головного мозга отражают способность его биосистем зондировать качество воздействия и столкновения с ним, физиологическая сила которого неодинакова в различные фазы, периоды и паттерны. Он рассматривает наличие ритмики ЭЭГ как отражение механизмов, выполняющих адаптивные и преадаптивные функции. При этом считается, что новый режим деятельности организма связан с перестройкой структуры управляющих процессов, набора активно действующих элементарных регуляторов, определяющих текущий биоритм и связанных таким образом с гибкими звеньями управляющей системы при адаптации. На основе этих представлений он сформулировал критерии потенциальной адаптируемости [Василевский и др., 1978].

Н. И. Моисеева и др. [1975] изучали по данным ЭЭГ зависимость течения циркадного ритма сна от околомесячных макроритмов организма. Авторы установили, что в момент адаптации, когда гомеостаз замещается гомеокинезом, показатели функций меняются в первую очередь в зависимости от внешних воздействий окружающей среды, а влияние эндогенных ритмов ослабевает и меняет свой характер. Развивая эти представления в плане исследований перестройки биоритмов при внезапном изменении временной среды после пересечения обследуемыми людьми часовых поясов, Н. И. Моисеева [1978] сформулировала и доказала экспериментально, что в основу критериев потенциальной адаптируемости человека можно положить оценку разброса фоновых параметров временной структуры циркадных биоритмов. Чем больше разброс, тем легче происходит приспособление.

Важнейшими параметрами структуры циркадных биоритмов, помимо параметров основной гармоники, являются ультрадианные компоненты [Катинас и др., 1974; Moore—Ede e. a., 1977]. Г. С. Катинас [1976] высказал предположение, что именно ультрадианным компонентам принадлежит важная роль в процессах адаптации биоритмов в целом.

Значение совместного изучения ультрадианных компонент в циркадном ритме состоит в возможности точного описания временной структуры физиологического ритма через параметры амплитуды и акрофазы синусоид. Р. М. Баевский [1976] рассматривает параметры амплитуды, акрофазы и периодов синусоид-гармоник суточных физиологических ритмов как показатели временной организации функций и адаптационно-приспособительной деятельности организма в дополнение к их традиционному использованию только как средства математического описания хронограмм.

Современная популяционная биоритмология пока не выросла до уровня математических наук, но развитие ее в этом плане

совершенно необходимо и не только для важных практических приложений в охране здоровья населения осваиваемых районов, но и с целью представления дополнительных данных для развития математической теории популяционных моделей [Свирежев, Логофет, 1978].

Ф. Хальберг и др. [Halberg e. a., 1965] одними из первых поняли важность задачи систематического описания и изучения физиологических ритмов математическими методами статистического анализа. С этой целью они предложили использовать единый подход к исследованию ритмики как на организменном, так и на популяционном уровне, который назван Косинор-анализом.

Преимущество Косинор-анализа по отношению к другим, ранее предлагавшимся методам специфической обработки физиологических ритмов состоит в том, что он приемлем как основа исследования колебательных явлений в других науках, а это существенно в изучении особенностей физиологических систем [Медведев, 1975].

Один из важнейших показателей суточной периодики в условиях Крайнего Севера может быть основан на изучении терморегуляции. Это имеет особенно большое значение в связи с развитием представлений о механизме «несократительного термогенеза» [Иванов, 1972].

Другие важные показатели временной структуры суточных ритмов в условиях Крайнего Севера мы связываем с изучением работоспособности. Большой интерес в этом плане представляют общетеоретические закономерности формирования двигательных актов на примерах суточного исследования мышечной деятельности.

Н. В. Зимкин [1966] исследовал факторы, влияющие на различную работоспособность при мышечной деятельности в дневные и ночные часы. В своих исследованиях он обратил внимание на то, что повторные выполнения одного и того же упражнения происходят путем нестрого упорядоченного вовлечения в работу различных групп мышц [Зимкин, 1955, 1967, 1969]. Здесь необходима такая нейрофизиологическая теория интегративной деятельности головного мозга, которая бы допускала помимо существования в головном мозгу не только жестких, но и гибких функциональных звеньев.

Н. П. Бехтерева [1966, 1968, 1974] в отношении мозговой системы обеспечения различных функций положила начало теории о наличии в системах не только жестких, но и гибких звеньев, причем система обеспечения высших функций обладает большим количеством гибких звеньев. Это стимулировало наши попытки обобщить и найти практическую приложимость результатов исследования на ЭВМ формы волны физиологических ритмов, полученных преимущественно на примерах терморегуляции и деятельности сердечно-сосудистой системы, а также исследования нейрофизиологических процессов. Дело в том, что изменчивость в таких медленных процессах ЭЭГ, как секундные и минутные колебания разно-

сти (Р-кривые) длительностей фронтов ЭЭГ [Емельянов, 1964, 1966], в значительной мере может быть понята с позиций отражения ими функционирования гибких звеньев системы. В порядке обоснования последнему при систематическом изучении Р-кривой под влиянием умственного и эмоционального напряжения, требующих активизации индивидуально приобретенной памяти, получены отчетливые реакции. Однако эти ритмично воспроизводимые реакции, стабильные у одного и того же человека, у разных людей проявляются по-разному. При этом стабильность других реакций, например, на ритмическую стимуляцию светом оказывается выраженной значительно слабее.

А. М. Зимкина [1961, 1964, 1975, 1978] считает, что стабильность ритмической активности и определенная инертность ее под воздействием нагрузок могут говорить в пользу относительной стабильности нейрофизиологических процессов головного мозга и стабильности церебрального гомеостаза. Опираясь на это положение, можно думать, что наиболее крайняя, «жесткая», неизменяемая форма ритмичности в виде гармоник различных периодов (мс, с, мин, ч, сут), устанавливаемая на примерах нейрофизиологического исследования головного мозга (Р-кривые, ЭЭГ) и систем энергообмена (терморегуляция, регуляция сердечно-сосудистой системы), есть прямое измеренное отражение степени стабильности работы церебрального гомеостаза как многоуровневой системы с разветвленной временной организацией. Следовательно, устойчивая форма волны физиологического ритма (Р-кривая, хронограмма суточного ритма и т. д.) и ритмичные колебания — это проявление высокой синхронности и согласованности механизмов церебрального гомеостаза.

Ссылками на труды А. М. Зимкиной, приведенными выше, мы завершаем описание идейно-теоретической основы предпринятого нами исследования структуры физиологических ритмов человека в процессе адаптации.

Перейдем теперь к обоснованию отдельных аспектов исследования структуры. Прежде всего обратим внимание на то, что в формировании биоритмологического подхода к изучению сложных процессов адаптации организма человека в условиях Сибири и Крайнего Севера в одном ряду с цитированными выше авторами имели большое значение работы таких исследователей, как Г. М. Данишевский [1968], И. С. Кандрор [1968], А. П. Авцын [1972], В. В. Борискин [1975], А. П. Голиков и П. П. Голиков [1973], Н. П. Неверова [1975], З. И. Барбашова [1976], Д. С. Тимофеев [1982], В. А. Матюхин и др. [1983] и др.

Сложность изучения состоит в принципиальном отличии адаптации человека к экологическим и временным факторам от таковой у животных как по генеральной цели (созидательный труд, а не выживание), так и по механизмам ее достижений, а именно имеется в виду доминирование социально-гигиенических факторов над физиологическими [Тихомиров, 1978]. Это отличие обосновывает исследование процессов адаптации к различным климатогеогра-

фическим факторам прежде всего на базе социально однотипных групп лиц неразрывно с их общественно-полезной деятельностью, а не только и не столько в обстановке искусственно поставленных лабораторных опытов.

В качестве показателей состояния организма в процессе адаптации оказалось особенно эффективно использование параметров физиологических ритмов. Язык ритмики — один из универсальных способов обмена информацией организма с окружающей средой, обеспечивающий функцию управления различными его сторонами жизнедеятельности и формирования следов памяти [Охнянская и др., 1979], а временная циркадная структура может быть столь же выраженной, специфической и предсказуемой, как и морфологическая [Aschoff, Wever, 1980].

Взгляд на изменения ритма как на изменения приспособительного характера объединяет проблему адаптаций и проблему биоритмов [Саркисов, 1973]. Изменение ритма и интенсивности физиологических процессов — это один из механизмов приспособления организма к изменившимся условиям и компенсации нарушенных функций. Такой подход, несомненно, будет способствовать развитию теории механизмов адаптаций [Меерсон, 1973], управления свойствами организма [Сорокин и др., 1977] и системному анализу адаптивной саморегуляции функций [Василевский, Трубачев, 1977].

Изучение групповых закономерностей структуры физиологических ритмов человека в процессе адаптации к климатогеографическим и другим факторам среды методами статистического анализа относится к исследованиям так называемых популяционных аспектов биоритмологии. На совместном пленуме Научного совета АН СССР «Физиология человека» и Научного совета АМН СССР «Физиология и патология нервной системы», состоявшемся 11 декабря 1979 г., в дискуссии по докладам В. П. Казначеева «Некоторые проблемы адаптации человека» и Н. Н. Василевского «Проблемы оценок индивидуальных различий адаптации человека» указано на необходимость изучения популяционных аспектов биоритмологии. Подчеркнуто, что развитие этих аспектов имеет важное значение для прогноза и профилактики нарушений индивидуального развития [Михайлова, 1980].

В методах изучения популяционных аспектов экологической биоритмологии мы выделяем два аспекта исследований. Один из них затрагивает проблему изучения физиологических ритмов у различных показателей организма как образующих единую систему. Решение этой проблемы прежде всего включает изучение механизмов взаиморасположения ритмов, а в результате вскрывается *пространственная структура* физиологических ритмов. Другой аспект методологических исследований в биоритмологии затрагивает проблему анализа простейших ритмических составляющих у каждого отдельно рассматриваемого физиологического ритма, и в том же плане, как образующих единую систему. Однако, в отличие от предыдущего, эта система ответственна прежде

всего за формирование того или иного рисунка (формы) волны. Здесь решение проблемы включает изучение механизмов взаиморасположения составляющих ритма, а в результате вскрывается *временная структура* физиологических ритмов.

Что касается решения проблемы взаимоотношений различных физиологических ритмов в организме человека, их происхождения и локализации центральных механизмов, то они в значительной мере пока постулируются [Смирнов, 1980]. Наиболее важными шагами в решении этих вопросов следует считать развитие представлений К. Питтендрая [Pittendrigh, 1976] о временной организации живых систем на всех уровнях [Романов, 1970].

Для суточных ритмов Ф. Хальберг [Halberg, 1955] выдвинул концепцию о гормональных надпочечниковых механизмах различных функций организма (адреналиновый цикл). Концепция получает подтверждение в том, что в современной литературе одной из ведущих систем наиболее выраженной циркадной ритмики организма считают гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему (например, Биологические ритмы... [1975]). При изучении процессов адаптации интересующие нас показатели циркадной ритмики терморегуляции и сердечно-сосудистой деятельности оказываются в определенной связи с показателями работы желез внутренней секреции. Так, достоверно установлено совпадение колебаний в моче 17-ОКС, калия, адреналина, норадреналина, ванилил-миндальной кислоты, ритма пульса и артериального давления с акрофазой в пределах 11—15 ч. Эта же закономерность сохранялась при переводе испытуемых в горизонтальное положение в условиях полной темноты при кормлении через 4 ч малокалорийной пищей [Reinberg e. a., 1970]. В других опытах при изоляции (отсутствие внешних воздействий) максимальные цифры всех показателей (температура тела, объем мочи, содержание адреналина и норадреналина в моче, 17-ОКС и 17-КС мочи) сдвигались к началу активности [Kriebel, 1972].

Представления о циркадной ритмике гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы предполагают наличие пейсмекера, что подтверждается данными [Rusak, 1979; Pittendrigh, Caldarola, 1973] о существовании пейсмекерной системы циркадной ритмики (на примерах млекопитающих), которая состоит из множества независимых осцилляторов. Предполагается, что в норме параметры осцилляторов регулируются супрахиазматическим ядром [Nishino e. a., 1976; Ibuka, Kawamura, 1976; Watanabe e. a., 1979; Takahashi, Menaker, 1979].

Изучение механизмов взаиморасположения физиологических ритмов у показателей различных систем организма в циркадианном (циркадном) спектре в значительной степени основано на так называемых понятиях циркадной синхронности и циркадного дисхронизма (circadian dischronism, например, Ch. Ehret e. a. [1978]) и некоторых модификаций терминологии этих понятий, включая явления десинхроноза. Обычно десинхроноз отчетливо выражен при внезапном изменении временной среды, а также име-

ет место при сдвинутых режимах труда и отдыха. Однако он может иметь место под влиянием климатогеографических и других факторов среды. Заметим при этом, что изменения во взаиморасположении ритмов разных физиологических показателей в данном случае, как правило, незначительны и труднообнаружимы.

Одним из подтверждений последнему могут служить результаты изменения Косинор-характеристик суточных колебаний температуры тела человека при хронофизиологической адаптации [Демин и др., 1975], отмеченная неизменяемость суточной динамики минутного объема дыхания у подростков в процессе адаптации к условиям Востока страны [Ячная, Демин, 1975] и указание на развитие десинхроноза в циркадном ритме диастолического давления у жителей Заполярья, прибывших в Новосибирск [Турчинский и др., 1975]. О выраженном проявлении десинхроноза в условиях Крайнего Севера свидетельствует рассогласование временной синхронизации циркадных ритмов содержания 11-ОКС и натрия в плазме крови и слюне [Баженова, Посный, 1978].

Эти исследования тесно взаимосвязаны с эколого-физиологическими особенностями формирования циркадных ритмов человека в условиях Севера (например, Н. П. Неверова [1975]; Д. Н. Котолевская и С. С. Кузнецова [1975]; и др.), и с изучением биохимических механизмов адаптации к холоду [Хаскин, 1974] и особенностей адаптации человека в Западной Сибири [Кривощеков, 1977], а также в условиях изменения внешней среды [Казначеев, Шорин, 1975; Моисеева, 1975; Коробков, 1979] с учетом зависимостей от времени суток функционального состояния организма [Мозжухин и др., 1975], устойчивости его временной организации [Губин и др., 1975] на фоне многодневной [Ковальчук, Чернышев, 1976] и сезонной [А. П. Голиков и П. П. Голиков, 1973] цикличности.

Пространственно-временная организация в свою очередь зависит от режима трудовой деятельности [Аракчеев и др., 1975], перемещения в другие поясные зоны [Ярославцев, 1975] и клинического состояния [Казначеев, Субботин, 1971; Асланян, 1966], причем эти факторы оказываются во взаимосвязи.

А. Т. Кеткин и Н. А. Чермных [1980] показали, что умеренно холодный климат положительно влияет на организм человека, занятого выполнением тяжелого физического труда, а именно ускоряется процесс нормализации пульса, повышается эффективность дыхания и улучшаются показатели гемодинамики.

Что касается решения другой проблемы, связанной с изучением взаимоотношений различных составляющих формы волны физиологических ритмов, их происхождения и локализации, то она изучена значительно в меньшей степени, чем проблема взаимоотношений ритмов.

В наиболее полной степени положения о составляющих структуры суточного физиологического ритма и их взаимовлиянии выдвинуты Ф. Брауном в 1977 г. [Brawn, 1978]. Он предполагает, что в основе биологических часов лежат такие внешние фак-

торы, как геомагнитное поле. Биологические ритмы формируются на основе биологических часов и внутренних факторов, чем и объясняется их вариабельность. При этом Браун выделяет суточные ритмы, подчеркивая 24-часовые фазовые циклы биологической активности — циркадные ритмы, понимая под ними свободно текущие околосуточные ритмы активности; ритмы, зависящие от геофизических факторов, лунные ритмы, как реакции на лунные сутки (24 ч 50 мин), и от суточных взаимодействий Земля — Луна или Земля — Луна — Солнце, годичные и сидерические ритмы, циклы продолжительностью в 18 и 18,6 лет.

Суточные физиологические ритмы являются одной из компонент общей ритмики организма, а последняя — универсальный атрибут жизни на Земле. Исследуя состояние вопроса о гипотезах экзогенных и эндогенных часов, Браун выдвинул гипотезу эндогенно-экзогенных часов, согласно которой «неуловимый механизм вездесущих биологических ритмов свойствен тем системам организма, которые сами по себе обладают генетически закрепленной потенциально ритмической природой. Эти системы имеют унаследованные поведенческие программы, позволяющие каждому организму приспособиться к общим и специфическим особенностям ритмических характеристик их физической и биологической среды». Таким образом, суточные физиологические ритмы человека генетически закреплены, вместе с ними генетически закреплены и механизмы изменчивости всех показателей отдельной суточной волны. Физиологическая основа отдельных составляющих-гармоник суточного ритма в организме вытекает из гипотезы эндогенно-экзогенных часов и состоит в том, что биологические периодические флуктуации 1) отражают реакцию организмов на изменения явно выраженных внешних стимулов, 2) включают в себя генетически обусловленные и изменяющиеся в зависимости от внешних воздействий повторяющиеся поведенческие схемы, оптимально настроенные на внешние циклы и 3) отражают изменения в организмах, зависящие от непрерывных реакций на периодически изменяющиеся внешние поля, как, например, электромагнитные.

Представления о молекулярно-генетических основах гармоник суточных физиологических ритмов основаны на концепции хронона [Eakin, 1972]. Предполагается, что существуют очень длинные фрагменты ДНК, на протяжении которых скорость генетической транскрипции регулируется целым комплексом соответствующих клеточных факторов, так что вся система в целом может играть роль часов. Для транскрипции всего комплекса необходимо около 24 ч. Синтез мРНК начинается с одного конца постулированного полицистронного комплекса ДНК. Синтезированная мРНК диффундирует к рибосомам, программируя белковый синтез; при этом происходит обратная диффузия фактора-инициатора, действующего на следующие цистроны [Eakin, 1972; Браун, 1977]. Эта современная точка зрения выработана в результате длительной дискуссии между сторонниками экзогенной

[Brown, 1976; Браун, 1977; и др.] и эндогенной гипотезами [Эрет, 1964; Хальберг, 1964; Бюннинг, 1961; Ehret, Trucco, 1967; Sollberger, 1968; Pittendrigh, 1976].

Эндогенно-экзогенная гипотеза допускает, что определение биологического времени и синхронизация 24-часового ритма устанавливаются только по времени вращения Земли [Scharf, 1977]. Вместе с тем биологическое время для разных организмов течет по-разному, в частности, этим объясняются индивидуальные различия сроков жизни.

И. Ричардсон и Р. Розен [Richardson, Rosen, 1979] полагают, что возраст характеризуется неким внутренним временем, отражающим состояние специальной системы рассеивания энергии. Система описывается динамическими уравнениями. Если уравнения привести к каноническому виду, то можно найти способ преобразования времени из одной системы отсчета, например астрономической, к другой, биологической.

Как видим, в представлениях о биологических часах центральное место в той или иной форме занимает эндогенный фактор, срабатывающий на молекулярном или даже атомарном уровне.

Проверялась гипотеза [Lessios, 1979] «молекулярных часов», согласно которой каждый белок в процессе эволюции изменяется с постоянной скоростью так, что степень молекулярного расхождения между двумя видами линейно связана со временем, в течение которого их последующие поколения развиваются изолированно. Для этой цели были выбраны несколько видов панамских морских ежей, которые до плейоценовой эпохи эволюционировали в одной области распространения, а затем оказались разделенными Панамским перешейком. Они известны как парные виды. Электрофоретически сравнивались энзиматические белки у трех парных видов. Степень молекулярного расхождения во всех парах оказалась неодинакова. Таким образом, гипотеза молекулярных часов оказалась неправомерна для изучения видов. По мнению автора опытов, молекулы эволюционируют под влиянием естественного отбора и тем объясняется молекулярное расхождение. Это может служить еще одним веским доказательством справедливости эндогенно-экзогенной гипотезы. Вместе с тем имеющиеся данные о структуре физиологических ритмов у человека в процессе адаптации к различным климатогеографическим регионам еще не позволяют установить определенных зависимостей.

Достаточно выраженные закономерности структуры физиологических ритмов удалось обнаружить при перестройке биоритмов под влиянием внезапного изменения временной среды в результате пересечения часовых поясов и под влиянием сдвинутых режимов труда и отдыха.

Б. С. Алякринский [1977] подытожил, что при измененных режимах труда и отдыха возможно любое изменение фазы биоритма, если 24-часовой период не нарушен. Скорость перестройки разных функций при этом различна. На кратковременные нарушения режима датчиков времени в первую очередь реагируют процессы,

ответственные за адекватность поведения. В связи с тем, что указанные закономерности подвержены мощному фактору индивидуальной изменчивости, Б. С. Алякринский [1975] предложил проводить профессиональный отбор лиц, способных к более быстрому усвоению новых суточных ритмов, по широте зоны биоритмологического стереотипа, по результатам перестройки суточного ритма в изолированной камере и по характеру динамики физиологических и психических функций во время длительного непрерывного бодрствования.

Если при изучении механизмов взаиморасположения физиологических ритмов у показателей различных систем многие исследователи обычно считают возможным ограничиваться визуальными приемами оценки синхроноза и десинхроноза, то изучение механизмов взаиморасположения составляющих отдельного физиологического ритма, т. е. его временной структуры, визуально невозможно. Для анализа временной структуры биоритмов необходимы специальные приемы математической обработки и в первую очередь методы анализа временных рядов.

Математические аспекты анализа временных рядов включают представления спектрального анализа [Дженкинс, Ваттс, 1971, 1972], схем авторегрессии [Кендалл, Стьюарт, 1966, 1976] и содержатся в работах Э. Хеннана [1974] и П. Эйкхоффа [1975]. Один из важных участков анализа связывается с рассмотрением [Бокс, Дженкинс, 1974] нестационарных временных рядов, содержащих периодические нестационарности. А. Ф. Романенко и Г. А. Сергеев [1974] устанавливают их основные типы и особенности параметрического анализа по конечному числу реализаций.

Выделение трендов нестационарных случайных процессов основано на использовании метода наименьших квадратов для определения параметров суммы гармонических компонент [Серебренников, Первозванский, 1965] либо суммы экспонент [Randazzo, 1977] с их ошибками при округлении [Papantoni, 1977]. Сюда же относится оценка параметров спектров мощности на основе гауссовских функций [Kingma e. a., 1976] и гармонический анализ процесса данных в дискретных точках [Mohn, 1976].

А. Г. Евдокимов и А. Д. Тевяшев [1977] предлагают алгоритм выявления скрытой периодичности в случайных процессах, который основан на непосредственной аппроксимации автокорреляционной функции анализируемого процесса для определения периодов, амплитуд и фаз гармонических компонент. Алгоритм позволяет выделить все основные периодические составляющие процесса в заданном интервале частот, т. е. обладает свойством фильтрации процесса, причем эффект фильтрации регулируем.

К. О. Джапаридзе и Г. П. Марр [1978] обосновывают метод получения асимптотически эффективных оценок неизвестных параметров спектральной плотности более сложной модели сигнала и неизвестной интенсивности белого шума. Близкая задача оценивания ненаблюдаемой компоненты отклика решается и в модели временного ряда [Bloxom, 1979].

И. В. Козин [1974] производит обнаружение и прием известных сигналов на фоне негауссовской помехи, а также обнаружение и различение случайных сигналов при не полностью известных распределениях вероятности.

В. М. Кипнис и И. Ш. Пинскер [1979] рассматривают алгоритм прогнозирования временных рядов, основанный на принципе хаотизации. Дальнейшее развитие этого направления связано с более точным определением и разделением периодов зашумленных синусоидальных колебаний по сравнению с алгоритмами Юла-Уокера максимальной энтропии, преобразования Фурье [Linkens, 1979].

Для расчета параметров в решаемых выше задачах имеется серия алгоритмов, выполненная на языке АЛГОЛ [Уилкинсон, Райнш, 1976; Вычислительные методы..., 1980].

Г. Берк [Berk, 1977] приводит обзор объединенных пакетов реализации статистических процедур на ЭВМ. Описываются 7 пакетов программ для ЭВМ, реализующих статистические процедуры. Наибольшее внимание уделяется пакетам SPSS, DaTa-Texi и OSIRIS. Из них OSIRIS обладает наиболее обширными возможностями проведения многомерного статистического анализа. Единственной категорией процедур, не обеспечиваемой этими пакетами, являются непараметрические. По-видимому, программное обеспечение подсистемы обработки данных перспективно на основе системы статистического анализа САС [Матушевский, 1977].

Математическое исследование суточных физиологических ритмов на основе анализа временных рядов предполагает исходную модель в виде аддитивной смеси периодической составляющей и помехи. Для их разделения Д. Мерсер [1964] предлагает использовать метод «скользящего взвешенного среднего», но предупреждает при этом о появлении ложной периодической компоненты. Для выявления наивысших гармоник он рекомендует опираться на теорему отсчетов. В плане этого направления И. С. Цибаковым и В. П. Яковлевым [1959] было получено выражение для оценки абсолютной погрешности восстановления непрерывного сигнала $x(t)$ по выборкам $z(t)$, производимым в соответствии с теоремой. Оценка имеет вид:

$$\Delta_k = | x(t) - z(t) | \leqslant \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times | \sin(\pi F t) \times \sqrt{\frac{T}{2F\left(\frac{T^2}{4} - t^2\right)}} |,$$

где Δ_k — текущая абсолютная погрешность, F — верхняя частота энергетического спектра, T — длительность интервала, t — текущее время, $\pi = 3{,}141\,592\ \ldots$.

В работе Н. А. Железнова [1968] теорема Шеннона—Котельникова сформулирована в более общем виде. Сигнал описывается как стохастический нестационарный процесс с ограниченной длительностью T, интервалом корреляции $\tau \ll T$ и со сплошным энергетическим спектром. Это обобщает положения теоремы на широкий класс сигналов и устраняет противоречия между конечными длительностями спектра и временем передачи сигнала.

Вместе с тем гармонический анализ имеет определенные ограничения. Дело в том, что при рассмотрении интерполяционного процесса по равноотстоящим узлам (см. Г. Корн, Т. Корн, [1977]) можно утверждать, что не существует такой системы ортогональных многочленов, которая обеспечивала бы равномерную сходимость ряда Фурье любой непрерывной функции (теорема Николаева и Фабера, И. К. Даугавет [1977]).

Таким образом, требования к отсчетам измерений в математической литературе сформулированы достаточно полно, несмотря на отсутствие общей теории построения адаптивных дискретизаторов [Войтинский и др., 1972].

А. Дж. Джерри [1977] дает наиболее полный современный обзор различных обобщений и приложений теоремы отсчетов Шеннона—Котельникова, в том числе и дискретизацию случайных процессов, включая подробное изложение теоремы отсчетов для неравноотстоящих измерений [Хургин, Яковлев, 1971].

К. В. Коняев [1973] рассматривает неравноотстоящие ряды в свете спектральных приложений и рекомендует их разбавлять нулевыми отсчетами так, чтобы интервал следования отсчетов в разбавленном ряду был бы равен наибольшему общему делителю для всех интервалов исходного ряда.

Рассмотренные работы имеют большое значение в практическом приложении аппарата временных рядов к исследованию суточных физиологических ритмов наряду с установлением ошибки при аппроксимации периодических функций рядом Фурье [Хемминг, 1972] и оценкой периода и дисперсий у рядов в результате эффекта Слуцкого — Юла и наряду с приемом исключения пульсации [Кендалл, Стьюарт, 1976].

Рассмотрим специфику приложения аппарата временных рядов к исследованию биологических ритмов.

В. Е. Соколов [1976] указывает на важность выявления текущих параметров колебаний — на фазу, период и амплитуду в весьма ограниченном интервале времени. Он пишет: «Важность „моментальной" съемки колебаний в биологических системах трудно переоценить, если учесть, что в живых системах нет строго периодических процессов. А имитационно-приспособительная деятельность организма основана на постоянной перенастройке всех его подсистем в соответствии с потребностями целостной системы, и такая перенастройка есть не что иное, как изменение фаз, амплитуд и периодов колебаний в подсистемах».

И. С. Кучеров и Н. Н. Шабатура [1975] указывают, что «более широкое и глубокое исследование периодических колебаний в организме человека и животных привело к необходимости издания определенной системы накопления экспериментального материала и применения специфических математических методов». Авторы сформулировали пять основных условий при анализе эпизодических хронограмм, которые также использованы в нашем исследовании:

— систематичность исследований,

— длительность ритма не менее 4 периодов,
— постоянство условий наблюдения,
— исключение влияния методик получения данных на ход обследования,
— индивидуальность анализа и определенная последовательность в применении адекватных математических методов.

Г. П. Дерягина и др. [1975] провели сравнительную оценку трех методов при изучении циркадных ритмов на примере показателей системы свертывания крови у человека:

— усреднения по измерениям с выделением фазовых колебаний,
— усреднения по статистике периодических составляющих с подтверждением закономерности циркадных ритмов одних и тех же показателей системы свертывания крови у здоровых и больных,
— геометрической интерпретации с подтверждением результатов исследования предыдущими методами.

На основании сравнения было установлено, что применяемые три различных метода выявили одни и те же изменения.

Р. М. Баевский и др. [1975], используя методы математической биоритмологии на основе разработки резонансно-поисковых методов в процессе исследования адаптационно-приспособительных реакций организма, обнаружили упреждение в перестройке частоты пульса по отношению к температуре тела и циркадные ритмы с периодами ниже и выше 24 ч (двойные, тройные), как следствие более быстрой перестройки информационного уровня по отношению к энергетическому.

Методы статистического анализа суточных физиологических ритмов могут успешно развиваться лишь с учетом названной специфики и, что особенно важно, правильности выбора исходной модели [Zuzewicz e. a., 1979; Debilly, Chouvet, 1979; Хованов, 1980].

М. К. Чернышев [1976] вводит в рассмотрение резонансно-поисковые методы, основанные на организации процедуры обнаружения скрытых колебаний, организации процесса поиска типа «плавающего окна» и факторном анализе ковариационной матрицы, построенной на основе параметров выявляемых колебаний. Методы успешно апробировались для раннего выявления умственного утомления [Кудрявцева, Сычев, 1976].

А. В. Ковальчук и П. К. Матвиевич [1975] выявляют с помощью периодограмм-анализа, автокорреляционной функции и резонансно-поисковых методов многодневные периодические составляющие, связанные с космофизическим агентом. Авторы считают, что при математическом анализе суточных ритмов желательно учитывать космофизические влияния на среднее значение и амплитуду циркадного ритма.

В. В. Трифонов [1975] рассматривает следующую модификацию дисперсионного анализа с использованием порядковых статистик при идентификации суточной периодичности физиологических показателей для малого числа ($n \leqslant 15$) хронограмм. Вместо расчета отношения дисперсии среднего к дисперсии случайной со-

ставляющей он предлагает сравнивать порядковые статистики Q:

$$Q = \frac{\max x_i - \min x_j}{\sum_{i=1}^{p} (\max x_j - \min x_j)_i}$$

с квантилем Q — распределения Пантейка, $i = 1, \ldots, p$; $j = 1, \ldots, n$; p — количество измерений в реализации, n — количество реализаций.

Е. П. Левченко и Т. С. Сидоренко [1977] описывают алгоритмы получения и корректировки показателей соматовегетативных процессов и комплекс программ математической обработки результатов физиологического эксперимента, включающий спектральный и корреляционный анализы. Другая система обработки многомерных данных хранится в двоичной форме и обрабатывает данные [Walker, Reite, 1977], зависящие от большого числа переменных, возникающих при экспериментах в области физиологии и поведения животных.

Л. Тельксис и др. [1977] предлагают автоматизированную систему анализа ритмограмм (РГ) на базе ЭВМ БЭСМ-6 для клиницистов и инженеров. Мы считаем, что эта система может быть дополнена библиотекой программ анализа временных рядов для исследования связи легочного давления и пульса [Moulder e. a., 1980], а в перспективе может включать в себя компонентный анализ [Каган, 1977] и расчет резонансных частот [Матинян, Исаакян, 1979].

Наибольшее распространение среди других методов исследования циркадных ритмов получил метод статистического расчета амплитуды, акрофазы и перехода косинусоиды для экспериментального временного ряда измерений физиологического ритма, т. е. Косинор-анализ, упомянутый выше. Косинор-анализ является в настоящее время международным общепризнанным методом унифицированного статистического исследования физиологических циркадных ритмов человека как за рубежом, начиная с работ Ф. Хальберга [Halberg e. a., 1965; Günter e. a., 1969; Halberg, Katinas, 1973; Halberg e. a., 1977; Delea e. a., 1977], так и в нашей стране. Отечественные авторы располагают сравнимыми между собой результатами Косинор-анализа следующих показателей.

К. А. Багриновский и др. [1973] измеряли экскреции кортикостероидов и электролитов. Н. Л. Асланян [1974] исследовал выделения электролитов, электрическую активность сердца [Асланян и др., 1976; Aslanian, 1977]. Д. В. Демин и др. [1975] получили измерения температуры тела. М. Р. Деряпа и др. [1975] исследовали экскреции (одного из гормонов надпочечников) 11-ОКС. В. И. Турчинский и др. [1975] измеряли $R—R$ интервалы электрокардиограммы, артериальное давление, оральную температуру, 11-ОКС.

А. Д. Слоним и А. А. Сорокин [1975] изучали двигательную активность, температуру тела, дыхание у обезьян. М. Т. Туркме-

нов и Т. К. Абдылдабеков [1975] измеряли газообмен, пульс, температуру тела, легочное дыхание, гемодинамику. Б. Г. Багиров и И. М. Моммадов [1975] определяли артериальное давление и пульс. А. Ф. Баженова [1975] исследовала кортикостероиды, электролиты в крови и слюне. Г. А. Тупикова [1975] выясняла температуру тела. Т. Д. Семенова [1976] кроме температуры тела устанавливала пульс, определяла концентрацию натрия в слюне. Г. Н. Окунева и др. [1976] исследовали кислотно-щелочное равновесие, газовый состав крови и внешнее дыхание. Материалы цитируемых выше авторов могут служить опорными для установления всех последующих отличий.

Детальное описание техники расчетов при использовании Косинор-анализа [Емельянов, 1976; Nelson, 1979], анализ случаев длинных и коротких последовательностей, проведенный с целью выработки более широких рекомендаций его использования [Tong, 1976], самостоятельное использование одного из промежуточных результатов, так называемого «индивидуального» Косинора [Косайнор-анализ..., 1979], наконец, изложение основ Косинор-анализа на достаточно высоком теоретическом уровне [Багриновский и др., 1973] в немалой степени будут способствовать дальнейшему более широкому внедрению методов Косинор-анализа и его модификаций. Вместе с тем следует признать, что Косинор-анализ не обладает высокой разрешающей способностью и приводит к успеху лишь в случае сравнительно невысокого уровня помех [Баевский, 1976]. В нем не учитываются такие важные особенности суточных хронограмм, как наличие в них несинусоидальной формы волны и изменения формы суточного ритма у разных показателей, а также в пределах одного и того же показателя в разных условиях жизнедеятельности.

Для преодоления названных ограничений Ф. Хальберг и другие [Halberg e. a., 1965] впервые высказали обобщающие приложения Косинора, в том числе и для исследования процессов, характеризующих форму волны суточного ритма [1].

И. С. Кучеров [1971] показал, что проявление биологического ритма на примере трофических процессов в организме человека и животных имеет сложную форму, причем при различных состояниях она «выражается либо релаксационными восходящими, либо релаксационными нисходящими, либо квазипериодическими колебаниями».

К. М. Смирнов и др. [1975], анализируя данные по реконструкции специфической формы суточного ритма, высказали предположение о синхронизирующем влиянии гипотетического генератора ритма чередования сна и бодрствования на ритмы других физиологических процессов, причем синхронизация показывает соподчинение между собой различных циркадных ритмов.

Установлено [Van Cauter, 1977], что количественный анализ колебаний различных показателей крови затруднен их «смешан-

[1] Впервые автора на эту же идею навел К. М. Смирнов в 1968 г.

ным характером, наличием ритмов разной частоты и неритмических колебаний». Поэтому предлагается метод периодограмм применять последовательную обработку данных, включающую количественное описание циркадного ритма, элиминацию из кривой колебаний низкой частоты, определение сглаженных спектров, последующую оценку высокочастотных компонентов с помощью теста на белый шум. Такой подход распространяется и на бивариантный анализ, позволяя выявить характеристики ультрадианных компонентов и их соотношение с циркадным ритмом.

А. А. Сорокин [1975, 1976] при планировании экспериментов в области биоритмологии предлагает процедуры: 1) для выделения трендов из биоритма на основе метода потенциальных функций; 2) спектрального анализа для формулировки гипотез обнаружения ведущих гармоник; 3) Косинор-анализа для статистической проверки гипотез и оценки параметров гармоник.

Первые же попытки реализовать использование функции спектральной плотности в сочетании с Косинор-анализом [Сорокин, 1975], резонансно-поисковые вычислительные методы анализа скрытых колебательных процессов в живых системах [Чернышев, 1976; Баевский, Чернышев, 1976; Лернер и др., 1976] и использование периодометрических характеристик хронограмм с последующим применением Косинор-анализа, которые устно рекомендованы автору настоящей работы в 1977 г. В. М. Сысуевым, также вплотную подводят к объективной оценке формы волны суточного физиологического ритма [2].

Т. Андерсон [1963, 1976] наиболее строго изложил подход к анализу временных рядов, который можно рассматривать как теоретическое обоснование изучению формы колебаний. Однако Т. Андерсон статистический анализ временных рядов не связывает с исследованием суточных физиологических ритмов и не рассматривает практическую сторону других приложений.

Таким образом, в современной литературе как будто подготовлены условия для постановки проблемы экспериментального, физиологического изучения формы волны суточных ритмов.

Что касается современных методов статистического анализа формы волны электроэнцефалограммы, то их, по нашему мнению, в значительной степени следует основывать на информационном подходе [Усов, 1968]. Первые попытки гармонического анализа волн ЭЭГ с учетом фазового спектра [Усов, Орлов, 1965] и последующая разработка методов анализа ЭЭГ с целью выявления других новых параметров, характеризующих функциональное состояние организма [Величкина, 1974], позволяют более широко осмыслить значение формы волны ЭЭГ как системы параметров, представляющих самостоятельный интерес в электрофизиологии.

В. А. Денисов [1979] разработал схему, в которой путем се-

---

[2] Идея исследования, проведенного автором в этом плане, целиком принадлежит проф. К. М. Смирнову.

лективных преобразований ЭЭГ получает возможность определения форм выявленных периодичностей по схеме Бюй-Балло.

Дж. Бронзино [Bronzino, 1979] для выявления тонких различий между формой визуально сходных колебаний ЭЭГ применил спектральный анализ. Алгоритм обработки включает быстрое преобразование Фурье, вычисление функции спектров плотности мощности, функции когерентности и величины фазового сдвига.

Как новое направление в исследовании ЭЭГ С. Г. Боженкова [1979] также ставит задачу установления связи между формой волны ЭЭГ и элементами исследуемого физиологического явления. Для решения этой задачи помимо гармонического анализа она предлагает лингвистический подход, основанный на выборочном группировании похожих элементов в классы с помощью алгоритма автоматической классификации.

Д. Бургер [Burger, 1980] исследует форму волн ЭЭГ с помощью методов анализа дискретных сигналов. Он показал, что алгоритм, в котором полуволна определяется пересечением нулевой линии, целесообразен для анализа длительных записей, а алгоритм детекции экстремумов — для анализа коротких эпох.

Другие современные методы анализа ЭЭГ также прямо или косвенно оказываются нацеленными на статистическое изучение конфигурации единичной волны, хотя их авторы этот момент сами не подчеркивают. Методы основаны на использовании модели пространственно-временного процесса авторегрессии [Nemoto e. a. 1979], алгоритма быстрого преобразования Фурье [Montor, Afdahl, 1979], введении простого окна Хемминга в методе максимальной энтропии Бурга [Swingler, 1979] и метода фазово-частотного анализа ЭЭГ путем преобразования Гильберта [Шарова, 1980].

Как известно, любой вид анализа основан на исходных предположениях об объектах исследования и правдоподобности поставленной цели исследования. Математический анализ не исключение и поэтому может иметь практический смысл только в границах планируемого моделирования объектов и цели исследования.

Математическое моделирование структуры временных рядов включает аспекты теории статистических решений, имитационного вероятностного моделирования и построения математических моделей временных рядов.

Вопросы, связанные с теорией принятия статистических решений, в наиболее полном изложении описываются у Ш. Закса [1975] с перспективной оценкой по методу правдоподобия, а С. М. Ермаков и Г. А. Михайлов [1976] формулируют основные пять этапов работы по созданию имитационной модели реально функционирующей системы произвольно физической природы.

Рассматривая алгоритм статистических выводов в стационарных случайных полях, У. Э. Лейримор [1977] приводит описания алгоритмов идентификации параметрических моделей по экспериментальным данным и проверки гипотез относительно струк-

туры модели. Он использует модель с известной структурой, имитируемой на ЭВМ.

Н. П. Бусленко [1978] рассматривает общие принципы построения универсальной автоматизированной имитационной модели применительно к моделированию производственных процессов в технике.

У. Гренандер и В. Фрайбергер [1978] выделяют «сигнал» из временного ряда путем проверки гипотез H_0 и H_1 для случайного процесса. Практические приложения метода имитационного моделирования находят не только в обработке временных рядов [Баранников, 1977], но и в оценке эффективности систем распознавания при многомерном сравнении и ранжировании [Kleijnen, 1975; Горелик, Скрипкин, 1977], а также в задачах исследования операций [Вентцель, 1980] и управления исследованиями [Дмитриев и др., 1977].

Наряду с этим имитационное моделирование, широко распространенное в технике, относительно слабо используется в биологии и медицине [Seelos, 1979], хотя, по нашему мнению, именно этому направлению принадлежит будущее в решении такой крупной проблемы, как поиск пути комплексного математического моделирования пространственного взаиморасположения ритмов различных систем целого организма, которая может рассматриваться как практический результат одной из «точек роста» в современной физиологии [Черниговский, 1971].

Г. Мирам [Mihram, 1976] сделал одну из первых попыток систематического описания назначения, приемов и специфики статистических методов в имитационном моделировании применительно к задачам биологии.

Г. Бетц и др. [Bätz e. a., 1979] сообщают об улучшении интерпретации результатов биологических исследований путем учета ошибок 1-го и 2-го рода.

Как известно, общепринятая модель структуры циркадианного ритма включает помеху с нормальным законом распределения. Один из важных результатов статистического моделирования применительно к задачам анализа физиологических ритмов заключается в том, что для округленных нормальных данных, распределение которых сосредоточено на узком интервале, критерий Лиллифора часто приводит к ошибочному выводу о ненормальности априори нормальных выборок, и на этой основе [Cembrowski e. a., 1979] предлагают модификацию критерия Лиллифора. Метод статистического моделирования может быть использован значительно шире, в частности при проверке нормальности в схемах одномерной и многомерной линейной регрессии [Муганцева, 1977].

Значительно более широкое использование получил метод построения математических моделей циркадианной ритмики. Однако, к нашему сожалению, математические модели циркадианных ритмов [Berde, 1976], аналитические процедуры для построения нелинейных биохимических осцилляторов больших раз-

меров [Rapp, 1975], построение асимптотической формулы для периода решения системы Вольтерра-Лотка [Grasman, Veling, 1973] не затрагивают проблемы исследования формы волны суточных ритмов по хронограмме. Такие работы, как марковский цепочный подход к классификации сердечной аритмии [White III, 1976], вычисления параметров модели относительно фазовой реакции в циркадианном ритме [Kuhnke, 1975], периодичности волновых решений в уравнениях Вольтерра-Лотка с диффузией [Chow, Tam, 1976], на наш взгляд, весьма перспективны скорее в области биоматематики [Mojsejevová, 1980], чем в физиологии при исследовании суточных физиологических ритмов.

Для изучения ритмов биологической природы могут оказаться перспективными линейные модели с коэффициентами, переменными во времени и несовпадающими по ансамблю [Swamy, Mehta 1977], а также с неравноотстоящими измерениями [Fohansen, 1980]. Здесь оказывается перспективным регрессионный анализ при нарушении предпосылок [Александров, Ивницкий, 1978; Дороговцев, Юдицкий, 1978] с тестами для обнаружения ошибок при выборе модели [Harwey, Collier, 1977].

Применительно к медико-биологическому анализу Н. Чэн и др. [Chan e. a., 1980] рекомендуют процедуру вычисления коэффициентов линейной регрессии с проверкой правильности модели и достоверности данных.

Б. Янсен и др. [Jansen e. a., 1978] считают, что для анализа электрофизиологических процессов наиболее эффективно использование в качестве параметров описания коэффициентов авторегрессионных моделей, определяемых методом фильтрации по Калману, дополненных амплитудной характеристикой сегмента процесса, например стандартными отклонениями.

Мы рассматривали до сих пор методы моделирования применительно к интересующей нас обработке экспериментальных физиологических кривых, и может возникнуть ошибочное впечатление, что область моделирования в физиологии ограничивается именно этим аспектом. Чтобы показать, что это не так, ограничимся только двумя примерами.

П. В. Бундзен и Б. М. Шишкин [1971] в экспериментальной практике осуществили анализ регуляционных свойств центральной нервной системы на основе методов теории управления.

В. В. Усов [1979] с помощью моделирования находит структуру, способную обеспечить осуществление ряда процессов памяти, а именно, специальный вид графов, образованный из цепных списков.

Обобщая все изложенное выше, можно думать о поистине неограниченной широте использования методов математического моделирования в физиологии. Однако следует помнить и об ограничениях методологии моделирования.

Так отмечается [Peil, 1977], что результаты математической обработки не дают содержательной биологической трактовки и должны интерпретироваться с учетом содержательной специфики

исследуемого процесса. В последнее время с этой целью ведутся интенсивные исследования по идентификации моделей.

В частности, затрагиваются [Wit, Rabbige, 1979] вопросы необходимой степени детальности в описании процесса имитации динамических систем.

Б. С. Шорников [1979] выделяет 5 логико-семантических вероятностных этапов построения, анализа и обобщения системно-классификационной диагностической задачи и приводит обобщенную логическую концептуальную схему применительно к лечебно-медицинской проблематике.

Формулируется до 9 основных предположений [Winfree, 1977], на которых основывается большинство попыток математического описания циркадных ритмов.

М. Ю. Гаджиев и М. К. Чернышев [1976] на основе сформулированного «принципа динамического, подуровневого согласования равновесных стратегий органов управления в иерархических системах» приводят общую схему процедуры координации управления в многоуровневом комплексе применительно к анализу и моделированию физиологических ритмов. В. А. Сычев и М. К. Чернышев [1976] считают, что практическое воспроизведение резонансно-поисковых методов «является важной самостоятельной задачей, для решения которой необходимы и аналитические и модельные методы».

Эта цитата как нельзя лучше обобщает идеи всех разрабатываемых методов анализа физиологических ритмов и тем завершает наш обзор.

Специфика модели для исследования физиологической ритмики заключается пока в неясности выбора между стохастическим или детерминированным принципом, лежащим в основе живого. Обычно считалось, что такие сложные физиологические процессы, как ЭЭГ или циркадианная ритмика, не могут включать в себя случайную компоненту по причине строго детерминированного характера функционирования генерирующих их физиологических систем. Это приводило к попыткам в эксперименте навсегда установить точную причину, лежащую в основе каждого микросдвига на кривой. В последнее время показано, что в природе существуют строго детерминированные системы, т. е. системы с детерминированными параметрами и структурой, способные тем не менее генерировать бесчисленное множество периодических решений, имитирующих стохастические процессы [Rossler, 1979; Ludwig, 1979]. Поэтому решение вопроса о стохастическом или детерминированном характере многих физиологических систем кривых теперь в значительной степени может оказаться поставленным в зависимость не от ранее имевших место заведомо ошибочных предположений о невозможности генерации случайного процесса детерминированной системой, а от результатов эксперимента со статистическим анализом и моделированием структуры физиологических ритмов.

Все вышеприведенное свидетельствует о том, что исследование структуры физиологических ритмов не производилось, но является весьма актуальным с точки зрения не только биоритмологии, но и физиологии в целом.

Создание новых методов анализа структуры физиологических ритмов, основанных на изучении конфигурации волны и ее динамики во времени, необходимо для дальнейшего развития теории физиологических ритмов на основе экспериментального подхода с целью подтверждения (или неподтверждения) вероятностно-статистического принципа функционирования их структуры для более глубокого исследования процессов адаптации человека к климатогеографическим факторам среды и на этой основе выявления новых информативных критериев его потенциальной адаптируемости.

1.2. МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Исследование структуры физиологических ритмов осуществлено с помощью методов статистического анализа и математического моделирования.

Построение косинорова тела

Статистический анализ основан на дискретной ($t = 1, \ldots, \ldots, m$) модели временного ряда (u_t) как аддитивной смеси [Мерсер, 1964] сигнала (Y) и помехи (f_t):

$$u_t = \mathrm{Y} + f_t, \text{ где } \mathrm{Y} = \sum_{l=1}^{l<\frac{m}{2}} A_l \cos(\omega_l t - \varphi_l) + h,$$

$$\mathrm{M}\{f_t\} = 0, \ \mathrm{M}\{f_t f_s\} = \delta^2 \rho_{ts};$$

A_l, q_l, ω_l, h соответственно амплитуда, акрофаза, частота l-гармоники и мезор, ρ_{ts} — символ Кронекера, δ^2 — дисперсия, характеризующая отклонения модели от экспериментальных данных u_t. Экспериментальные значения u_t задавали ансамблем реализаций

$$\{u(t)\}_j \ (j = 1, 2, \ldots, n)$$

с известным периодом повторения (T_0), откуда нижняя частота

$$\omega_0 = 2\pi/T_0.$$

Длину спектра $\omega = l \cdot \omega_0$ ($l = 1, 2, \ldots$) ограничивали $\omega_l = \pi/\Delta t$, где Δt — шаг квантования.

Измерениями $(u_1, \ldots, u_m)_j$ отдельно взятой j-той реализации ряда ($j = 1, \ldots, n$) для моментов $(t_1, \ldots, t_m)$ аппроксимируем

Y поэлементно Y для каждого $l = 1, 2, \ldots, \text{ent}(m/2)$:

$$Y(t) = A\cos(\omega_0 t - \varphi) + h = x\cos(\omega_0 t) + y\sin(\omega_0 t) + h,$$

где $x = A\cos\varphi$, $y = A\sin\varphi$.

Находим A, φ, h, минимизируя

$$J = \sum_{i=1}^{m} \{Y(t_i) - u_i\}^2,$$

откуда приходим к системе $a_{i1}x + a_{i2}y + a_{i3}h = a_{i4}$, $i = 1, 2, 3$, где

$$a_{11} = \sum_{i=1}^{m} \cos^2(\omega_0 t_i),\ a_{12} = a_{21} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{m} \sin(2\omega_0 t_i),$$

$$a_{13} = a_{31} = \sum_{i=1}^{m} \cos(\omega_0 t_i),\ a_{14} = \sum_{i=1}^{m} u_i \cos(\omega_0 t_i),$$

$$a_{22} = \sum_{i=1}^{m} \sin^2(\omega_0 t_i),\ a_{23} = a_{32} = \sum_{i=1}^{m} \sin(\omega_0 t_i),$$

$$a_{24} = \sum_{i=1}^{m} u_i \sin(\omega_0 t_i),\ a_{33} = m,\ a_{34} = \sum_{i=1}^{m} u_i.$$

Решая ее, находим x, y, h, затем $A = \sqrt{x^2 + y^2}$, $\varphi = \text{arctg}(y/x)$, если $x \geqslant 0$, иначе $\varphi = \text{arctg}(y/x) + \pi$.

Вычислив (x_j, y_j), $j = 1, \ldots, n$, строим эллипс:

$$\frac{1}{1 - r^2}\left[\left(\frac{x - x_c}{S_x}\right)^2 - 2r\left(\frac{x - x_c}{S_x}\right)\left(\frac{y - y_c}{S_y}\right) + \left(\frac{y - y_c}{S_y}\right)^2\right] = \lambda^2,$$

где

$$\lambda^2 = \begin{cases} \dfrac{2(n-1)}{n-2} F_P(2, n-2) & \text{при } n \leqslant 17, \\ \chi_P^2(2) & \text{при } n > 17, \end{cases}$$

$F_P(2, n - 2)$ — квантиль F-распределения, соответствующий вероятности P со степенями свободы 2 и $n - 2$; $\chi_P^2(2)$ — квантиль χ^2-распределения, соответствующий вероятности P с двумя степенями свободы;

P — вероятность попадания точки (x_j, y_j) внутрь эллипса;

$$x_c = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} x_j,\ y_c = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} y_j,$$

$$S_x = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\sum_{j=1}^{n} x_j^2 - n x_c^2\right)/(n-1)},$$

$$S_y = \frac{1}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\left(\sum_{j=1}^{n} y_j^2 - n y_c^2\right)/(n-1)},$$

$$r = \left(\sum_{j=1}^{n} x_j y_j - n x_C y_C\right) \Big/ \sqrt{\left(\sum_{j=1}^{n} x_j^2 - n x_C^2\right)\left(\sum_{j=1}^{n} y_j^2 - n y_C^2\right)}.$$

Угол Θ (в градусах) наклона эллипса к оси абсцисс равен Θ^*, если $S_x > S_y$, иначе $\Theta^* + 90°$, где $\Theta^* = \frac{90}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{2rS_xS_y}{S_x^2 - S_y^2}$, $\pi = 3{,}141\,593$.

Находим полуоси a и b. Так как в общем уравнении второй степени

$$a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2 + 2a_{13}x + 2a_{23}y + a_{33} = 0$$

инвариантами относительно переноса и поворота осей являются три величины:

$$J = a_{11} + a_{22},\ D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix},\ A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix},$$

то полуоси выражаются через корни характеристического уравнения $\mu^2 - J\mu + D = 0$, где

$$a^2 = -\frac{1}{\mu_2}\cdot\frac{A}{D}, \quad b^2 = -\frac{1}{\mu_1}\cdot\frac{A}{D}.$$

В нашем случае

$$J = \frac{1}{S_x^2} + \frac{1}{S_y^2},\ D = \frac{1 - r^2}{(S_xS_y)^2}, \quad A = -\left(\frac{\lambda}{S_xS_y}\right)^2\cdot(1 - r^2)$$

корни характеристического уравнения имеют вид

$$\mu_1 = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{S_xS_y}\right)^2\cdot(S_x^2 + S_y^2 + \alpha),$$

$$\mu_2 = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{S_xS_y}\right)^2\cdot(S_x^2 + S_y^2 - \alpha),$$

где $\alpha = \sqrt{(S_y^2 - S_x^2) + (2rS_yS_x)^2}$,

поэтому

$$a = \frac{\beta}{\sqrt{S_x^2 + S_y^2 - \alpha}}, \quad b = \frac{\beta}{\sqrt{S_x^2 + S_y^2 + \alpha}},$$

где $\beta = S_xS_y\lambda\sqrt{2(1 - r^2)}$.

Как известно, Косинор-анализ Ф. Хальберга [1972] заключается в том, что вначале методом наименьших квадратов вычисляют значения амплитуды и акрофазы синусоиды с пробным околосуточным (или суточным) периодом для каждой индивидуальной хронограммы (первый шаг), а затем находят средние значения указанных параметров и их среднеквадратические ошибки (второй шаг).

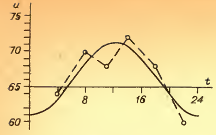


Рис. 1. Промежуточный результат Косинор-анализа.

24-часовая синусоида (сплошная линия) и ее несоответствие индивидуальной хронограмме (прерывистая линия, обследуемая Л-ч). По оси абсцисс — время в часах (t), по оси ординат — количество ударов пульса в мин (u). На последующих рисунках с хронограммами обозначения на оси абсцисс те же, на оси ординат — в соответствии с общепринятой размерностью изучаемых показателей физиологических функций.

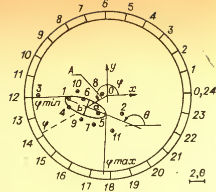


Рис. 2. Окончательный результат Косинор-анализа. Эллипс ошибок и его параметры A, φ, a, b, θ на 24-часовом циферблате.

Точки (1, 2, ..., 11), обведенные кружком, имеют полярные координаты, соответствующие параметрам 24-часовой синусоиды для индивидуальных хронограмм.

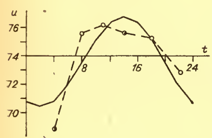


Рис. 3. Хронограмма среднего значения (прерывистая линия) показателя частоты пульса у группы лиц (см. табл. 2).

Поэтому основное отличие нашего метода от классического Косинор-анализа заключается в экспериментальной реконструкции (несинусоидальной) формы суточной кривой. Значение этого отличия состоит в том, что на основе формы устанавливается единая интерпретация хронограмм и результатов Косинор-анализа как одного из важных элементов формы суточной волны, а также выявляются новые, ранее неизвестные элементы-гармоники. Последовательная процедура выделения параметров синусоид, отличительная от общепринятой минимизации функционала по всем параметрам [Андерсон, 1976], названная нами косиноровым телом, позволила сопоставлять важные экспериментальные данные по одноопериодным гармоникам вне зависимости от обнаружения других.

Блок-схема процедуры Косинор-анализа представлена нами ранее [Емельянов, 1976], графическое изображение промежу-

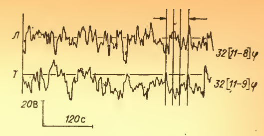


Рис. 4. Униполярные записи лобного (Л) и теменного (Т) отведений ЭЭГ здорового испытуемого.

Здесь и на рис. 36, 37 гипотетическая повторяемость выделена нами вертикальными линиями. Цифры справа — протокольные обозначения фрагментов. Внизу — масштабный угол.

точных результатов которого поясняется на рис. 1. Окончательный результат изображен на рис. 2. Данные для вычисления приведены в табл. 1, а сами вычисления — в табл. 2. При этом каждая точка на рис. 2 имеет полярные координаты, которые одновременно являются параметрами 24-часовой синусоиды. Эти параметры в табл. 3. Заметим, что Косинор-анализ сопровождается вычислением параметров усредненного по времени значения (h) индивидуальной хронограммы и стандартного отклонения (δ). Названные параметры приводятся в табл. 4 и могут представлять самостоятельный интерес.

Результат широко распространенного Косинор-анализа, как правило, не совпадает с визуальной оценкой среднего значения исходной хронограммы, что показано на рис. 3. Эффект объясняется наличием в хронограмме среднего более высоких гармоник.

Блок-схема построения косинорова тела приводится ранее (рис. 4) [Емельянов, 1976; рис. 4].

Построение косиноровой пещеры

Статистическое моделирование структуры физиологических ритмов основано на проверке гипотез, $H_0 : z_ф = 0$, $H_1 : z_ф > 0$,

Таблица 1

Результаты измерений (u) частоты пульса в разные часы у группы испытуемых после двух суток постельного режима *

№ п/п	Фамилия	$u[4]$	$u[8]$	$u[11]$	$u[14]$	$u[18]$	$u[22]$
1	Л-ч	64	70	68	72	68	60
2	А-ва	68	82	72	72	80	82
3	Д-ва	66	86	84	78	78	68
4	Н-ва	60	68	72	72	64	66
5	Э-н	50	52	56	56	54	56
6	С-н	74	78	78	78	78	72
7	К-н	78	84	78	92	84	84
8	Ж-ва	84	90	90	84	88	88
9	К-ва	60	66	66	66	72	60
10	О-о	88	90	95	96	84	90
11	Р-а	66	66	78	66	78	76

* Здесь и в табл. 2—4 № п/п идентичны.

Таблица 2

Результаты вычислений декартовых координат $\{x, y\}$. Пример классического Косинор-анализа частоты пульса у группы лиц после двух суток постельного режима

№ п/п	Фамилия	x	y
1	Л-ч	−5,200	−0,342
2	А-ва	1,773	−2,387
3	Д-ва	−9,246	0,245
4	Н-ва	−5,174	−1,370
5	Э-н	−1,262	−2,281
6	С-н	−3,208	−0,419
7	К-н	−2,052	−3,675
8	Ж-ва	−0,743	0,193
9	К-ва	−3,567	−2,968
10	О-о	−4,032	0,591
11	Р-а	0,511	−4,472

Таблица 3

Результаты вычислений полярных координат: амплитуды (А) и акрофазы (φ) у 24-часовой синусоиды индивидуальных суточных хронограмм на примере показателя частоты пульса

№ п/п	А	φ
1	5,212	12,250
2	2,973	−3,560
3	9,250	11,899
4	5,352	12,989
5	2,607	16,070
6	3,236	12,496
7	4,209	16,054
8	0,768	11,028
9	4,640	14,650
10	4,075	11,444
11	4,500	−5,566

где $z_ф = c_ф^2 + d_ф^2$ задано до границы

$$z_{гф} = \frac{1}{4}\left(c_{гф}^2 + d_{гф}^2\right), \text{ а}$$

$$c_ф = \frac{x_ф}{\sqrt{S_x^2 + S_{xl}^2}}, \quad d_ф = \frac{y_ф}{\sqrt{S_y^2 + S_{yl}^2}},$$

$$c_{гф} = \frac{x_{гф}}{\sqrt{S_x^2 + S_{xl}^2}}, \quad d_{гф} = \frac{y_{гф}}{\sqrt{S_y^2 + S_{xl}^2}},$$

S_{xl}, S_{yl} — среднеквадратические ошибки при $z = 0$ и S_x, S_y — при $z > 0$. Они равны при обнаружении и не равны при опозна-

Таблица 4

Вспомогательные параметры, получаемые после выполнения первого шага Косинор-анализа, — усредненные по времени измерения частоты пульса (h) индивидуальных хронограмм и стандартные отклонения (B) индивидуальных измерений (u) частоты пульса от среднего по времени

№ п/п	h	δ	№ п/п	h	δ
1	66,162	1,799	7	82,997	3,742
2	76,282	5,094	8	87,214	2,436
3	75,178	3,970	9	64,421	2,737
4	66,165	2,361	10	90,018	3,212
5	53,793	1,476	11	71,742	4,692
6	75,816	1,071			

нии. Статистику

$$c = \frac{\bar{x}_l}{\sqrt{S_x^2 + S_{xl}^2}}, \quad d = \frac{y_l}{\sqrt{S_y^2 + S_{yl}^2}}$$

суммируем по числу (m) запросов на новое обследование. Систему порогов $z_0[m]$, $z_1[m]$, $m = 1, \ldots, M$, находим из

$$\overline{D}_{\text{зад}} = \frac{1}{z_{\text{гф}}} \int\limits_0^{z_1[m]} \int\limits_0^{z_{\text{гф}}} p_1(z, z_{\Phi})\, dz_{\Phi} dz.$$

Далее, К. Хелстром [1963]:

$$p_1(z, z_{\Phi}) = \frac{1}{2}\left(\frac{z}{z_{\Phi}}\right)^{\frac{m-1}{2}} \exp\left(-\frac{z + z_{\Phi}}{2}\right) \cdot I_{m-1}\left(\sqrt{zz_{\Phi}}\right),$$

$$F_{\text{зад}} = \exp\left(-\frac{z_0[m]}{2}\right) \sum_{k=0}^{m-1} \frac{(z_0[m]/2)^k}{k!}, \quad z > 0,$$

где $I_{m-1}(x)$ — модифицированная функция Бесселя порядка $m - 1$, $m = 1, \ldots, M$.

Если после запроса $z \geqslant z_0$, то выносим решение: гармоника ω_l выделена, если $z \leqslant z_1$, то не выделена. Иными словами, измерения (отметки) по гармонике могут быть различными или неразличными. В случае $z_1 < z < z_0$ испытание продолжаем. Если после M — запроса $z_1[M] < z[M] < z_0[M]$, то выносим решение: гармоника ω_l не выделена. Вероятность ошибочного необнаружения ω_l

$$\overline{D} = \frac{1}{z_{\text{гф}}} \int\limits_0^{z_0[M]} \int\limits_0^{z_{\text{гф}}} p_1(z, z_{\Phi})\, dz_{\Phi} dz.$$

Основная отличительная особенность схем при практическом моделировании на ЭВМ от ранее известных приемов выделения сигналов [Хелстром, 1963] состоит в комбинировании вариантов использования вышеизложенной усеченной процедуры Вальда и другой, разработанной нами по наименьшему следу матрицы расстояний между параметрами имитируемых биоритмов. Это отличие дало возможность практически оценивать характеристики качества действия как наблюдателя (исследователя), так и автоматов в условиях реального множественного распознавания и обнаружения косиноровых тел, совокупность параметров которых названа нами образно **косиноровой пещерой**.

Для реализации этих методов нами разработана система программ, написанных на альфа-языке и реализованных на ЭВМ М-220 и М-222, обобщенного Косинор-анализа [Емельянов, 1976, с. 19, 20], математической имитации научного исследования по анализу формы волны (1), построения косинорова тела [Емелья-

нов, 1978, с. 198, 199], модели (ОА) косинoровой пещеры (2) и реконструкции формы гипотетического биоритма (3) — см. Приложение. Принимая во внимание интерпретацию результатов систематического использования методов статистического анализа и математического моделирования, мы вынуждены уточнить для данной работы некоторые детали общепринятой терминологии, а затем ввести в рассмотрение определения понятий, в использовании которых необходимости для области биоритмологии ранее не было.

В дальнейшем под хронограммой будем понимать результат графического или условного графического изображения временного ряда измерений физиологического ритма. В циркадианном ритме мы будем выделять суточную компоненту (с периодом 24 ч) и исследовать свойства циркадианного ритма на основе суточной компоненты, которую назовем суточным ритмом. До сих пор методами Косинор-анализа в литературе систематически исследовалась только одна компонента суточного ритма, а именно 24-часовая синусоида. Мы попытаемся, наряду с ее выявлением и изучением, установить и другие компоненты суточного ритма, а именно, 12-, 8- и 6-часовые синусоиды. Все вместе они характеризуют ранее не выявлявшуюся несинусоидальную скрытую форму волны суточного физиологического ритма.

Исследуемые нами свойства циркадианного ритма будем называть свойствами циркадного в соответствии с терминологией, принятой на первом всесоюзном симпозиуме 1975 г. во Фрунзе «Циркадные ритмы человека и животных». Это нам представляется особенно уместным в связи с тем, что циркадианный ритм с его околосуточным периодом как таковой нас не интересует, а интересуют только его отдельные проявления на основе 24-часового периода. Таким образом, мы как бы резервируем в перспективе возможность закрепить за термином «циркадный» в дополнение к своему основному смысловому содержанию циркадианного еще и гипотетические дополнительные особенности искусственно выявляемой суточной компоненты. По этой же причине будет уместнее 12-, 8-, 6-часовые синусоиды в 24-часовом ритме называть ультрадными компонентами суточного ритма, а не ультрадианными. Последнее обозначение лучше оставить за необработанными хронограммами во избежание возможных недоразумений при сопоставлении результатов статистического анализа и визуальной обработки.

Таким образом, модель суточного ритма всегда учитывает сумму изменяющихся циркадной и ультрадной компонент, составляющих детерминированный портрет несинусоидальной формы суточной волны плюс статистическую «помеху». Все это позволяет вписать наши определения в обозначаемые ими результаты в частный случай, вытекающий из неизменной для нас ранее общепринятой терминологии. Универсальность последней мы тем самым подчеркиваем и углубляем.

Конечный результат построения косинoровых тел и косино-

ровых пещер позволяет оценивать статистическую форму волны колебательного процесса в динамике. С этой целью нами вводятся в рассмотрение понятия так называемых кратных синусоид, а также их макросинфазности и микроизменчивости.

Кратными синусоидами (элементами структуры ритма) назовем синусоидальные (гармонические) составляющие ряда Фурье, которые характеризуют степень групповой изменчивости суточного ритма. (Значения частот составляющих кратны суточной частоте.) Кратные синусоиды таким образом есть гармоники, заданные в пределах не более суток.

На основании приведенных определений макросинфазностью мы назвали их синфазность, понимаемую в смысле совпадения доверительных интервалов и вызванную среднеквадратическим уклонением данных эксперимента от среднего. Микроизменчивостью синусоид назвали групповые изменения параметров синусоид в очень малом диапазоне, могущие быть вызваны ошибкой, возникающей на пределе разрешаемой способности регистратора. Поэтому достоверность степени постоянства (макросинфазности) синусоид оценивали на основе среднеквадратической ошибки среднегрупповых значений, а воспроизводимость степени микроизменчивости синусоид (гармоник изменчивости) оценивали по разрешающей способности методики получения измерений.

Перейдем к описанию практических приемов предпринятого математического моделирования процесса исследования структуры физиологических ритмов.

Ранее [Емельянов, 1976; рис. 5—12] нами была представлена укрупненная блок-схема программы моделирования эксперимента по изучению структуры физиологических ритмов. Схема имитирует постановку опытов в наших исследованиях и заключения, которые сделаны по опытам. В результате трижды подсчитаны оценки вероятностей всевозможных ошибок. Эта блок-схема детализируется следующим образом.

На рис. 7 имитируются ошибки, получаемые в результате эксперимента (блок АП). Рассчитываются оценки: вероятностей ошибок 1-го и 2-го рода — F, $D_{ш}$, вероятностей необнаружения эллипса — Ц, стоимости среднего риска — С, вероятностей ошибок 1-го и 2-го рода, допускаемых на промежуточных этапах,— F_i, D_i $(i = 1, \ldots, 4)$, среднего времени распознавания — св.

Имитируются также состояние объекта и различные способы вынесения решения. В условиях множественного обнаружения и распознавания используется беспороговый принцип учета наименьших расстояний между парами — «сортировка». Алгоритм, основанный на этом принципе, конкретизирует представление о принятии решения: эллипсы сходны лишь при условии, что $z_н < z_1[н]$ для статистики $z_н$, получаемой в результате операции «сортировки»; $z_н$ — элемент главной диагонали матрицы с минимальным следом. Элементы матрицы — статистики, характеризующие упорядоченные расстояния между сравниваемыми эллипсами.

Вышеизложенный алгоритм использован как самостоятельно, так и в комбинации с общеизвестной усеченной вальдовской процедурой. Алгоритм, основанный на этом принципе, конкретизирует представление о принятии решения на пороговом устройстве. Неопределенность на последнем этапе ликвидируется «сортировкой».

В заключение использовали общеизвестную усеченную вальдовскую процедуру, где алгоритм конкретизирует представление о принятии решения целиком на пороговом устройстве.

1.3. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы для апробации вышеизложенных методов получены на людях в трех сериях (А, Б, В) обследований.

В серии А анализировались температура тела в подмышечной впадине, систолическое и диастолическое артериальное давление, количество циклов дыхания за минуту, частота пульса на лучевой артерии, мышечная сила кистей обеих рук, длительность устного перебора натурального ряда и перемножения двузначных чисел. Производили измерения каждого показателя через 2 ч на протяжении двух суток у 10 клинически здоровых мужчин-добровольцев в возрасте 21 года, иркутян с двухлетним пребыванием в Якутске (собственные данные, собранные по рекомендации Н. Г. Соломонова с участием А. М. Рафаилова, А. Г. Томшиной, К. Ф. Скрыбыкиной и Т. Н. Слепцовой).

В серии Б анализировалась суточная динамика температуры тела, частоты пульса и мышечной силы кисти правой руки. Использовали измерения В. М. Клейнер [1970] температуры тела и частоты пульса у 56 жителей Новосибирска (26 мужчин и 30 женщин в возрасте от 26 до 40 лет) в течение 20 сут в условиях умеренной гипокинезии после операции по поводу отслойки сетчатки глаза. Использовали также измерения С. О. Руттенбург [1971] температуры тела у 71 жительницы Ленинграда в возрасте от 25 до 50 лет, занятых легким физическим трудом в условиях повышенной комнатной температуры, и измерения температуры тела, частоты пульса и мышечной силы правой руки у 56 мужчин в возрасте от 26 до 35 лет с трехмесячным стажем пребывания в Норильске, занятых тяжелым физическим трудом на открытом воздухе зимой в условиях пониженной температуры. Наконец, использовали измерения Р. П. Ольнянской и Т. В. Поповой [1949] температуры тела у 11 больных (3 мужчины, 8 женщин в возрасте от 29 до 55 лет), болеющих алиментарной дистрофией, полученной в войну во время блокады Ленинграда.

В серии В анализировалась ЭЭГ по результатам ее специальной обработки на АВМ. Полученные в результате этого кривые отражали секундные и минутные составляющие ЭЭГ и ее параметров — огибающей, разности длительностей фронтов огибающей ЭЭГ. Использовали собственные данные обследования (Ле-

нинград, Ленинградский научно-исследовательский ин-т экспертизы, отдел физиологии — руководитель проф. А. М. Зимкина) 40 клинически здоровых мужчин-добровольцев в возрасте от 20 до 23 лет и 176 лиц (111 женщин и 65 мужчин в возрасте от 26 до 55 лет) с заболеваниями ЦНС (последствия черепно-мозговой закрытой травмы, нейроинфекция). Опираясь на накопленный опыт у 30 практически здоровых молодых людей — студентов из Новосибирска (ИАЭ СО АН СССР), регистрировали ЭЭГ и результаты ее специальных преобразований на АВМ — кривые разности (Р-кривые) длительностей фронтов ЭЭГ. Были отобраны 10 мужчин в возрасте 21 года, у которых регистрировали фоновые Р-кривые различных отведений попарно на протяжении 1 ч в полуденное время, причем у трех — в течение двух, у одного — в течение трех дней.

Методика измерений суточных физиологических ритмов — общепринятая. Температуру тела измеряли термометром в левой подмышечной впадине в °С, систолическое и диастолическое артериальное давление по методу Короткова с помощью аппарата Рива-Роччи в мм рт. ст., мышечную силу кистей рук — кистевым динамометром в кг, а частоту пульса — на лучевой артерии (уд/мин), количество циклов дыхания в 1 мин и длительности тестов устного счета и мысленного перебора чисел в с — по секундомеру. Для регистрации Р-кривых ЭЭГ использовали монополярные (лобное, теменное, затылочное) и биполярные (лобно-теменное, лобно-затылочное и теменно-затылочное по центральной линии) отведения. Индифферентный электрод крепили на мочке уха [Gibbs, Gibbs, 1950; Методы..., 1977]. Придерживались требований схемы «10—20» Международной федерации обществ ЭЭГ. Контроль артефактов осуществляли по записям ЭЭГ, а также по записям КГР, движению мышц и дыханию. Использовали отечественные АВМ МН-7, 8-канальные электроэнцефалографы Альвар, Орион и чернильные самописцы Кардиовар, Биофизприбор.

1.4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВО ВРЕМЕНИ

Изучали по показателю температуры тела параметры ранее установленной 24-часовой синусоиды [Емельянов, 1976, рис. 13—22, табл. 6—8]. Параметры обнаруженной нами 12-часовой синусоиды в норме и в условиях умеренной гипокинезии [к, 7 — к, где к = 0, 1, . . ., 4]. Заметим, что значения амплитуд не соответствуют «размаху» волны, при вычислении которого берется удвоенное значение физической амплитуды, т. е. расстояние от впадины до вершины.

Изучение проводили на вышеприведенной основе дневных измерений, а также на основе круглосуточных при выявлении параметров как 24-часовых синусоид, так и 12-часовых. Аналогично использовали показатели частоты пульса и исследовали 24- и

12-часовую синусоиды на основе дневных измерений, а также 24- и 12-часовую на основе измерений круглосуточных показателей.

Другую группу исследователи в условиях свободного и постельного режима по тем же показателям температуры тела при помощи 24- и 12-часовой синусоид, а также частоты пульса при помощи 24- и 12-часовой синусоид. Оказалось возможным сопоставить результаты обработки данных у разных групп людей в нормальных условиях жизнедеятельности [табл. 8 — к, где к = = 0,1, . . ., 4] при разных формах труда, а также при тяжелой патологии — алиментарной дистрофии по температуре тела на 24- и 12-часовых синусоидах. Кроме того, сопоставляли при разных формах труда показатели частоты пульса и мышечной силы на 24- и 12-часовых синусоидах. Наконец, рассматривали результаты обработки данных [табл. 9 — к, где к = 0, 1, . . ., 4] температуры тела на 24- и 12-часовых, а также частоты пульса на 24- и 12-часовых синусоидах.

Воспроизводимость наших данных может следовать из трехкратного совпадения результатов для характеристик качества действия автомата при вынесении решений на ЭВМ в опытах математической имитации, которые приведены выше, а достоверность данных определяется фактическими значениями разовой реализации опыта.

На уровне центральной нервной системы (ЦНС) изучали динамику формы волны в виде секундных и минутных ритмов Р-кривых ЭЭГ, согласно разработанной нами схеме установки и вычислений. Результаты вычислений Р-кривых воспроизводятся в виде непрерывных аналоговых записей, в перспективе допускающих последующее использование структурного анализа медленных колебаний в головном мозге человека [Кропотов, 1975].

Амплитудно-частотная характеристика дифференциатора квазилинейна с искажениями 10% на участке 2—25 Гц. Фазово-частотная характеристика дифференциатора обеспечивает на частоте 10 Гц сдвиг фазы $\pi/2$. Эти данные убеждают в том, что производная ЭЭГ во всех случаях доминирования α-ритма вычисляется без искажений.

При отсутствии доминирующего α-ритма фазовый портрет частичной суммы гармонического ряда разрушается. На Р-кривой при этом могли бы наблюдаться процессы, не связанные с изменением разности длительности фронтов. Однако результаты специально проведенных экспериментов с параллельной регистрацией Р-кривой ЭЭГ и других процессов, могущих стать источником гипотетических искажений убеждают в том, что Р-кривая ЭЭГ характеризует новую специфическую скрытую информацию, ранее не выявляемую другими показателями. Вот почему, несмотря на явно вносимые искажения в фазовую структуру формы волны нашим дифференциатором, мы считаем необходимым обратить внимание исследователей на показания Р-кривой как в случаях доминирования α-ритма ЭЭГ, так и во всех других случаях при отсутствии его.

На Р-кривых ЭЭГ выделены фрагменты с гипотетической повторяемостью рисунка (рис. 4) в виде синфазности и противофазности [Емельянов, 1976, рис. 25, *а*, *b*; табл. 10—16] с сохранением повторяемости в разные дни исследования. Повторяемость особенно выражена при использовании порогов или суперпозиции и проявляется как согласованность всех деталей рисунка, а не только как синфазность (противофазность) гармоники.

Эти данные обосновываются и подтверждаются при помощи расчетов автокорреляционной функции в части существования ритмики и распределения коэффициентов корреляции, а также результатов сравнительного автокорреляционного анализа в части повторяемости. Для объективной оценки прерываемости использовали вышеизложенный метод с перекомпановкой массивов, в результате чего получили возможность объективно установить и оценить прерываемость 4000-секундной синусоиды, Δt — шаг квантования, 40-секундной синусоиды и повторяемость рисунка Р-кривой на основе 13,3-секундной синусоиды, полученной из ансамбля хронограмм нарастающей длительности и на основе синусоид с разными ($T = 40{,}20$; 13,3 и 6,65 с) периодами.

Воспроизводимость наших данных основана на повторяемости их в сериях А и Б при разных правилах формирования массивов (А сформирована как один временный ряд, Б — как массив со многими измерениями в фиксированный момент времени), в серии В при сопоставлении с материалами А, Б в части постоянства показателей синусоид и при сопоставлении с Р-кривыми в части повторяемости их свойств (уровень, колебания I и II рода), ранее служивших предметом специальных исследований в кандидатской диссертации автора [Емельянов, 1966].

Достоверность наших результатов по данным серий А, Б определяется при съеме показателей температуры погрешностью термометра $\pm 0{,}05$°С соответственно для среднего $\pm 0{,}05/\sqrt{n}$, где n — число обследуемых группы (т. е. погрешность среднего $\pm 0{,}017$°С), при съеме показателей пульса ± 1 уд./мин соответственно для среднего $\pm 1/(\sqrt{n})$, таким образом, погрешность среднего $\pm 0{,}33$ уд./мин).

По серии В погрешность обнаружения Р-кривой составляет поверхность, изменяющуюся в зависимости от периода и амплитуды единичной волны ЭЭГ и в начальных исследованиях на установке в Ленинграде не превосходила 0,017 величины периода. Погрешность обнаружения Р-кривой в приборе [Емельянов, 1966, рис. 23, *б*] для исследования функции коры мозга в Новосибирске не превосходила 0,005 величины периода.

Физиологические методики измерений суточных физиологических ритмов температуры тела, частоты пульса, мышечной силы и других используемых нами показателей хорошо известны в литературе (например, [Смирнов, 1976; Методические рекомендации..., 1978]) и составляются для каждого обследования не по единому общему правилу съема данных, они, как правило, не предусматривают проверку корректности путем моделирования,

не допускают интерпретации о принадлежности закономерности среднего гипотетическому ритму каждого обследуемого. Вместе с тем допуская выявление отдельных факторов на суточный ритм, не устанавливают ведущего фактора.

Основное дополнение предложенной методики физиологического обследования к известным методикам сбора данных о суточном физиологическом ритме по отдельным показателям состоит в том, что наша методика:

— включает в обработку различные программы съема показателей у обследуемого, с разными правилами, установленными в клинике, в спорте, в физиологии труда с последующей гарантией на сопоставимость результатов благодаря процедурам перекомпоновки массивов, свойству резонансности и другим описанным ниже положениям;

— предусматривает проверку корректности путем моделирования данных эксперимента на ЭВМ в рамках нулёвой гипотезы, т. е. без учета гипотетической закономерности;

— допускает интерпретацию о принадлежности закономерности среднего гипотетическому ритму каждого обследуемого благодаря повторяемости наших данных у обследуемой группы лиц, не связанных друг с другом экологическими и социальными факторами (разное место жительства, разный режим и условия труда, различное функциональное состояние, разные сезонно-климатические условия);

— допускает выявление ведущего фактора путем сопоставления результатов многофакторных обследований по сериям А, Б, В, полученных на основе обобщения данных других авторов.

Теоретическое значение установленных отличий методики физиологического обследования состоит в возможности комплексного проведения по программам массовых обследований суточных физиологических ритмов с последующим сопоставлением и единым обобщением материалов, что имеет большое познавательное значение в физиологии суточных ритмов и для дальнейшего развития фундаментальных идей об адаптации человека к новым условиям жизни.

Практическое значение установленных отличий методики состоит в том, что:

— включение в обработку различных программ съема показателей позволило экспериментально подтвердить наши теоретические положения;

— проверка корректности в операции обнаружения суточного ритма путем моделирования исключает ошибки, типичные при экспериментальных приемах обнаружения, например, при помощи Косинор-анализа, при вычислении среднего и т. д.;

— интерпретация о принадлежности среднего гипотетическому ритму у каждого обследуемого является концепцией, положенной в основу наших теоретических положений в части синфазности синусоид, откуда выявление ведущего фактора стало определяющим путем сопоставлений результатов многофакторных обследований.

Ранее [Емельянов, 1976, рис. 29—33] было показано, как по измерениям только в дневные часы прогнозируются состояния на протяжении суток. Ограниченность Косинор-анализа и преимущества метода построения косинорова тела в сравнении с Косинор-анализом видны на рис. 30, на котором пик (надир) 24-часовой синусоиды не совпадает с экстремумом на хронограмме. Вместе с тем добавление к 24-часовой синусоиде обнаруженной 12-часовой дает более точное приближение к экспериментальной хронограмме.

Это приближение характеризуется воспроизводимой двухвершинностью суточного ритма в дневное время. Двухвершинность может иметь крайнюю степень выраженности, хорошо наблюдаемую в III типе кривых С. О. Руттенбург [1966, 1971]. В этом особенно отчетливо проявляются явные несоответствия между результатами Косинор-анализа и экспериментальной хронограммой. Воспроизводимость указанного несоответствия в других случаях убеждает в том, что методы Косинор-анализа нуждаются в дальнейшем развитии и обобщении, что предпринятое нами в этом плане способно не только устранить противоречия между экспериментальной хронограммой и результатами Косинор-анализа, но и объединить их на основе выполнения задачи исследования формы волны.

Отличие предложенных методов обработки от известного метода Косинор-анализа открывает перспективу широкого использования математического моделирования эксперимента. Так, математическая модель косинорова тела или пещеры шумоподобного случайного процесса может служить эталоном для проверки нулевой гипотезы. Это особенно важно при перспективном построении [Гэд, 1974; Ньюмен, Спрулл, 1974; Сатерленд, 1974; Ксури, 1974; Гладких, Костюк, 1977; Костюк, 1977] поверхностей вероятности правильного принятия решения, например:

$$\bar{\mathscr{H}} = 1 - \mathscr{H} = \frac{4}{9}\left[(2p-1)^2 - \left(\frac{z_0}{2} - 1\right)^2\right] + \frac{8}{15},$$

в зависимости от величины порога z_0 и априорной вероятности p на основе точечных измерений путем специальных моделирующих функций.

Обоснованность таких построений подтверждается разработанным алгоритмом получения тонких сечений в машинной томографии, а также продольных и поперечных снимков посредством пространственной фильтрации [Correia e. a., 1980].

Прикладное значение методики физиологического обследования состоит в том, что она способствовала в данной работе созданию единой экспериментальной базы для развития проблемы в плане новых обнаруженных гармоник, дифференцирования свойств обнаружения и измерения суточных физиологических ритмов, установления резонансных свойств Косинор-анализа и на основе их решения поставленной проблемы.

*
* *

В результате постановки и развития проблемы изучения временной структуры физиологических ритмов очевидна актуальность исследования формы волны. Изучение формы волны физиологических суточных ритмов далеко выходит за рамки узкопрактического назначения, т. е. приложения к исследованию адаптаций в условиях Якутии. Дело в том, что параметры физиологических показателей различны как у жителей разных районов страны [Слоним, 1964; Данишевский, 1968; Авцын, 1972; Казначеев, 1974, 1980; Шургая и др., 1974; Борискин, 1975; Барбашова, 1976; Миррахимов, 1977; Исабаева, 1977], так и за ее пределами в суровых экстремальных условиях Арктики и Антарктиды [Тихомиров, 1968; Бундзен, 1969; Борискин, 1973; Деряпа, Рябинин, 1977; Василевский и др., 1978].

Принимая это во внимание, результаты оценки параметров формы волны физиологических ритмов можно рассматривать как исходный материал для развития теории на основе математических моделей, подобно популяционным и физиологическим системам, имитирующим свойства биоритмов с позиций, например, общей теории осцилляторов [Pavlidis, 1973; Tyson e. a., 1976].

Данные аспекты биоритмологии не изучены, хотя точные знания о структуре физиологических ритмов необходимы не только для развития теоретических представлений в области биоритмологии, но и для решения практических задач клинической и спортивной медицины, профессионального отбора, физиологии труда и спорта.

В последнее время структура биоритмов рассматривается в качестве меры адаптации [Василевский, 1973; Кардашова, 1973] и прогностического критерия [Моисеева, 1978; Василевский и др., 1978]. В этой связи выдвигаются новые требования к анализу временной структуры физиологических ритмов как для отдельных, так и для нескольких показателей физиологических функций.

В проблеме анализа временной структуры мы выделяем два аспекта. Первый — выявление и изучение временной структуры ритма отдельно взятого показателя физиологической функции. Второй — исследование пространственного взаиморасположения ритмов разных показателей в организме.

В аспекте анализа формы волны у исследователей единый подход не выработан, в результате чего исследование хронограмм разными методами, т. е. Косинор-анализом ведущей синусоиды из спектрального окна, оценкой параметров 24-часовой синусоиды в ритмах биохимических и физиологических показателей и описанием хронограмм (см. например, [Комаров и др., 1966]) суточных ритмов этих показателей, не может обеспечить сопоставимости и полного представления о структуре суточной волны, хотя интерес к системе параметров, способных объединить разные представления, т. е. к форме волны, возникал ранее [Davy, 1845]. Так,

выражена несинусоидальность в суточной кривой температуры тела [Mosso, 1887], характерна двухвершинность кривых температуры тела и пульса по данным Т. Хельбрюгге [1964], что представляет самостоятельный интерес [Sollberger, 1970] и принято за норму (например, [Куприянович, 1976]).

Анализ формы волны физиологических ритмов обеспечивает сопоставимость других методов и дает полное представление о структуре, но прежде он не производился из-за отсутствия его описания в руководствах. При этом надо подчеркнуть, что отдельные элементы методологии анализа формы [Хелстром, 1963; Серебренников, Первозванский, 1965; Хальберг, 1972; и др.] известны в технике.

Кроме того, отметим, что до сих пор отсутствуют представления, универсально определяющие взаиморасположение биоритмов, тем более разнопериодных, хотя необходимость в таких представлениях вызвана дальнейшим развитием теории [Pittendrigh, 1976; Браун, 1977] возникновения и формирования циркадной и ультрадной ритмики и разработкой практических рекомендаций по охране здоровья с учетом индивидуальных адаптаций [Казначеев, Баевский, 1974; Василевский, 1976] и их периодичности к дозированным факторам внешней среды [Сорокин и др., 1977]. Все это не только определяет актуальность и развитие данной проблематики, но и подсказывает пути наиболее рационального ее методического решения.

ГЛАВА 2

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДОВ К АНАЛИЗУ СТРУКТУРЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ

2.1. СПОСОБНОСТЬ ОРГАНИЗМА К ПРЕЦИЗИОННОМУ ОТСЧЕТУ ВРЕМЕНИ

Есть основание полагать, что прецизионный отсчет времени организмом обеспечивается генерированием кратных синусоид. С помощью мгновенных значений 24-часовой синусоиды, разделенных по времени, можно точно охарактеризовать время наступления последующего мгновенного значения, т. е. интервал суточного времени. Однако помимо 24-часовой синусоиды у показателей температуры тела и частоты пульса выявлена 12-часовая синусоида. Параметры этой синусоиды могут при той же амплитуде, что у 24-часовой, с большей степенью точности сигнализировать о времени в пределах полусуток. Возникает вопрос, существуют ли в суточном ритме еще более краткопериодные синусоиды, кратные

Таблица 5

Групповые параметры эллипса ошибок на 24-часовом циферблате (T = 24) у 9 разных физиологических показателей в серии А

№ п/п	$2a$	x_C	y_C	θ, °	c	a	b	r	S_x	S_y
1	+0,34	−0,06	−0,22	+106,0	+0,10	+0,17	+0,14	−0,12	+0,06	+0,07
2	+3,75	+3,15	−3,72	+5,0	+0,87	+1,87	+1,66	+0,02	+0,76	+0,68
3	+5,25	+3,01	−0,11	+94,5	+2,25	+2,62	+1,34	−0,11	+0,55	+1,07
4	+1,75	+0,16	−0,59	+96,0	+0,69	+0,88	+0,54	−0,10	+0,22	+0,36
5	+5,47	−2,31	−0,96	+62,1	+2,24	+2,74	+1,57	+0,43	+0,77	+1,03
6	+4,97	+0,46	−2,71	+83,5	+2,30	+2,49	+0,94	+0,25	+0,40	+1,01
7	+4,45	+0,46	−2,10	+86,0	+1,74	+2,22	+1,38	+0,07	+0,57	+0,91
8	+1,78	+0,70	+0,74	+59,3	+0,67	+0,89	+0,58	+0,36	+0,28	+0,33
9	+2,41	+0,17	−0,70	+28,0	+1,03	+1,20	+0,63	+0,50	+0,45	+0,32

Примечание. Результаты Косинор-анализа. Здесь и в табл. 6—14 приняты следующие обозначения: T — пробный период синусоиды в часах; r — коэффициент корреляции между $\{x\}_j$ и $\{y\}_j$; $j = 1, \ldots, n$; n — число обследованных лиц; S_x, S_y — среднеквадратические ошибки для x_C и y_C соответственно; x_C, y_C — средние значения $\{x\}_j$ и $\{y\}_j$, $j = 1, \ldots, n$, соответственно; θ — угол наклона большой полуоси эллипса ошибок к оси абсцисс в градусах; a, b, c — большая, малая полуоси эллипса ошибок и эксцентриситет соответственно. Наименования пронумерованных показателей даны в тексте.

24-часовой, т. е. синусоиды, способные нести информацию об астрономическом времени? Имеющиеся у нас материалы позволяют на этот вопрос ответить положительно.

Нами подмечено дробление периодов-делителей у разных показателей. Сущность дробления состоит в том, что помимо 24- и 12-часовой синусоид у отдельных показателей можно выделить 8- и 6-часовую синусоиды, которые, будучи кратными по отношению к 24-часовой, способны более точно отражать физиологические сдвиги и служить отражением работы физиологических датчиков времени и нормального функционирования организма.

Характерные черты дробления периодов определяются различными сочетаниями кратных синусоид, часть которых может быть обнаружена, другая — нет, а также методическими решениями о количестве синусоид в каждом показателе по частоте сканирования, т. е. по шагу квантования хронограмм можно рассчитать число обнаруживаемых гармоник.

Обоснованность положения о подмеченном дроблении периодов у разных показателей вытекает из 1) доказанной применимости в физиологической биоритмологии следствия классической теоремы В. А. Котельникова о представлении непрерывной функции сообщения дискретным временным рядом и 2) результатов серии А, на которых остановимся подробнее. Напомним, что у каждого обследуемого регистрировалась температура тела (1), систолическое (2) и диастолическое (3) артериальное давление, дыхание (4), частота пульса (5), мышечная сила правой (6) и левой (7) кистей рук, длительность реакции на перебор в уме натурального ряда чисел (8) и длительность устного счета (9). В результате обработки выявлены 24-часовая (табл. 5, рис. 5), 12-часовая (табл. 6,

Таблица 6

Групповые параметры эллипса ошибок на 12-часовом циферблате ($T = 12$) у 9 разных физиологических показателей в серии А. Результаты построения косинорова тела

№ п/п	$2a$	x_C	y_C	Θ, °	c	a	b	r	S_x	S_y
1	+0,27	+0,02	−0,12	+70,0	+0,11	+0,14	+0,08	+0,34	+0,04	+0,05
2	+7,60	+0,28	−2,47	−27,3	+2,86	+3,80	+2,50	−0,33	+1,46	+1,15
3	+4,78	−0,26	−0,15	+19,6	+1,88	+2,39	+1,47	+0,30	+0,94	+0,65
4	+1,28	−0,12	−0,61	−44,4	+0,39	+0,64	+0,50	−0,24	+0,24	+0,23
5	+2,68	+0,57	−3,51	+12,5	+0,76	+1,34	+1,10	+0,08	+0,54	+0,45
6	+3,81	−0,23	−2,10	+80,8	+1,52	+1,90	+1,15	+0,16	+0,48	+0,77
7	+3,37	+0,35	−1,02	+106,8	+1,62	+1,69	+0,47	−0,68	+0,27	+0,66
8	+0,71	+0,31	+0,26	+21,2	+0,33	+0,35	+0,13	+0,61	+0,14	+0,07
9	+2,53	−0,06	+0,05	+87,4	+1,12	+1,26	+0,58	+0,08	+0,24	+0,52

Таблица 7

Групповые параметры эллипса ошибок на 8-часовом циферблате ($T = 8$) у 9 разных физиологических показателей в серии А. Результаты поетроения косинорова тела

№ п/п	$2a$	x_C	y_C	Θ, °	c	a	b	r	S_x	S_y
1	+0,33	+0,04	−0,01	+29,9	+0,15	+0,16	+0,06	+0,69	+0,06	+0,04
2	+6,30	+0,87	+0,24	+14,8	+2,83	+3,15	+1,38	+0,42	+1,25	+0,64
3	+5,49	+0,18	+0,29	+38,7	+2,45	+2,74	+1,23	+0,66	+0,93	+0,80
4	+0,89	−0,08	−0,37	+40,4	+0,32	+0,45	+0,31	+0,33	+0,16	+0,15
5	+2,47	+1,07	−1,28	+38,2	+0,56	+1,23	+1,10	+0,11	+0,48	+0,47
6	+4,20	+0,86	−0,38	+49,8	+1,72	+2,10	+1,21	+0,50	+0,67	+0,73
7	+3,79	+0,49	−0,56	+38,8	+1,61	+1,90	+1,00	+0,56	+0,66	+0,58
8	+0,84	+0,28	+0,08	−13,6	+0,36	+0,42	+0,22	−0,31	+0,17	+0,10
9	+2,06	−0,48	−0,10	+69,5	+0,79	+1,03	+0,66	+0,29	+0,29	+0,41

Таблица 8

Групповые параметры эллипса ошибок на 6-часовом циферблате ($T = 6$) у 9 разных физиологических показателей в серии А. Результаты построения косинорова тела

№ п/п	$2a$	x_C	y_C	Θ, °	c	a	b	r	S_x	S_y
1	+0,24	−0,03	−0,07	−37,9	+0,08	+0,12	+0,09	−0,30	+0,04	+0,04
2	+6,06	−2,42	−0,22	+97,7	+1,84	+3,03	+2,41	−0,06	+0,99	+1,23
3	+4,11	+0,59	−1,01	+69,8	+1,23	+2,06	+1,64	+0,14	+0,69	+0,82
4	+0,81	−0,48	+0,10	+46,3	+0,30	+0,41	+0,28	+0,36	+0,14	+0,14
5	+2,89	−0,96	−0,80	+61,2	+0,94	+1,44	+1,10	+0,23	+0,49	+0,56
6	+2,56	+0,43	−1,38	+33,9	+1,13	+1,28	+0,61	+0,60	+0,46	+0,36
7	+3,33	+0,29	−0,22	+98,0	+1,24	+1,66	+1,11	−0,11	+0,46	+0,68
8	+1,17	−0,18	+0,08	−19,6	+0,54	+0,58	+0,21	−0,61	+0,23	+0,11
9	+1,46	+0,03	−0,52	+45,3	+0,20	+0,73	+0,70	+0,04	+0,29	+0,29

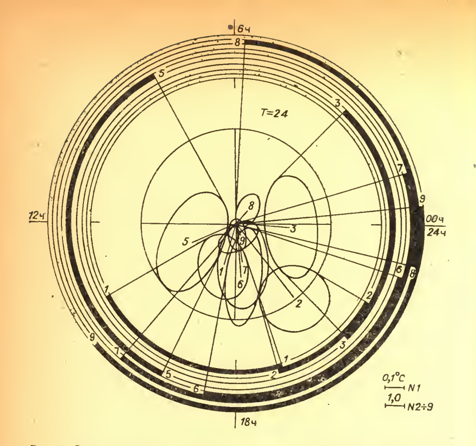


Рис. 5. Срез косинорной пещеры на уровне 24-часового циферблата, определяющий взаиморасположение акрофаз 24-часовых синусоид:

1 — температуры тела, *2* — систолического и *3* — диастолического артериального давления, *5* — частоты пульса, *6* — мышечной силы правой и *7* — левой руки, *8* — длительностей устного перебора, *9* — перемножения чисел. Стандартный режим в условиях Якутии, серия опытов А. *4* — средние параметры показателя частоты дыхания недостоверны. Справа внизу — масштабы для показателей 1—9. Аналогичные обозначения на рис. 6—9.

рис. 6), 8-часовая (табл. 7, рис. 7) и 6-часовая (табл. 8, рис. 8) гармоники у разных показателей.

Воспроизводимость результатов с подмеченным дроблением периодов основана на дополнительных данных [Емельянов, 1976, табл. 6—8, рис. 13—16] сопоставления 12-часовых (*T*-12) синусоид температуры тела и 12-часовых синусоид частоты пульса в разных исследованиях, а именно сохранения синфазности 12-часовой синусоиды температуры тела, частоты пульса в динамике умеренной гипокинезии, при формах труда разной степени тяжести. При этом наблюдается в отдельных случаях отсутствие синусоид (см. опыты № 19—24), что соответствует чертам, подмеченным для синусоид других периодов. При анализе воспроизводимости от-

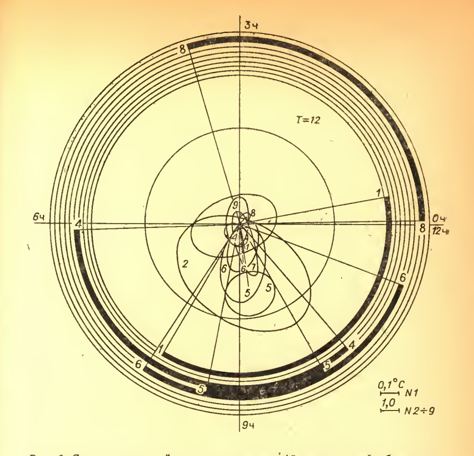


Рис. 6. Срез косиноровой пещеры на уровне 12-часового циферблата, определяющий взаиморасположение акрофаз, выявленных 12-часовых синусоид: *1* — температуры тела, *4* — частоты дыхания, *6* — мышечной силы правой руки, *8* — длительности устного перебора чисел. Средние параметры показателей систолического (*2*) и диастолического (*3*) артериального давления (*5*), мышечной силы левой руки (*7*), длительности устного перемножения чисел (*9*) недостоверны.

дельных элементов показатели артериального давления воспроизводят 24-часовую синусоиду и одновременно характеризуются отсутствием 12- и 8-часовых. Показатели мышечной силы рук воспроизводят 24-часовую и характеризуются отсутствием 8-часовой синусоиды. Показатели умственной работы воспроизводят 24-часовую и характеризуются отсутствием 8-и 6-часовых синусоид.

Достоверность результатов с подмеченным дроблением периодов у разных показателей определена нами уровнем значимости 0,05 по нулевой гипотезе. Как показали результаты специально проведенного моделирования исследуемой серии по конкурирующей гипотезе, достоверность может характеризоваться уровнем

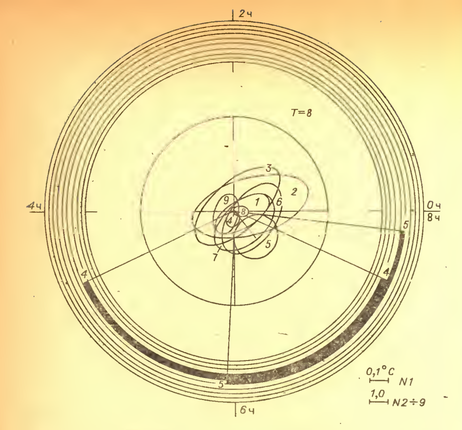


Рис. 7. Срез косиноровой пещеры на уровне 8-часового циферблата, определяющий взаиморасположение акрофаз выявленных 8-часовых синусоид: *4* — частоты дыхания, *5* — частоты пульса. Средние параметры других показателей недостоверны.

значимости 0,1, т. е. предельно допустимым в научном исследовании. Выше (см. п. 1.1) говорилось о Косинор-анализе отдельных биохимических и физиологических показателей. Они позволяют сделать вывод о том, что акрофазы отдельных показателей различны и определяются своим месторасположением на циферблате. Однако упомянутые результаты не позволяют производить обобщения на исследуемые нами показатели [Емельянов, 1976, рис. 29, 30; № 1—9, табл. 5, 6], не характеризуют возможность выявления других гармоник, не отражают черты дробления периодов.

В отличие от работ авторов, цитируемых в п. 1.1, при выявлении дробления периодов у разных показателей установлено, что наряду с 24- и 12-часовыми синусоидами в показателях температуры тела, систолического и диастолического артериального давления, количества циклов дыхания, частоты пульса, мышечной

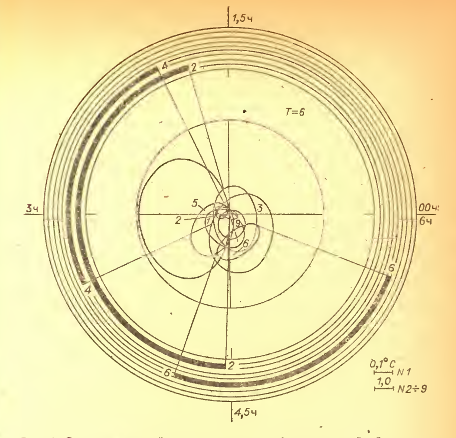


Рис. 8. Срез косинорової пещеры на уровне 6-часового циферблата, определяющий взаиморасположение акрофаз выявленных 6-часовых синусоид: *2* — систолического артериального давления, *4* — частоты дыхания и *6* — мышечной силы правой руки. Средние параметры остальных показателей недостоверны.

силы правой и левой кистей, разных форм умственной деятельности имеют место 8- и 6-часовые синусоиды. 24-часовая и обнаруженные 12-, 8-, 6-часовые синусоиды для каждого показателя появляются не все вместе, но в разных сочетаниях, причем эти сочетания, во-первых, характерны для каждого показателя в отдельности, а во-вторых, имеют общий рисунок для близких показателей.

Теоретическое значение подмеченного дробления периодов у разных показателей состоит в объяснении и раскрытии физиологических механизмов дробления. Наличие 24- и 12-часовых синусоид в показателях температуры тела, частоты пульса совпадает со всеми результатами других, ранее проведенных исследований на другом контингенте. Однако наличие 8-часовой синусоиды в хронограмме пульса и ее отсутствие в аналогичной температуре тела

позволяют думать о более чувствительных к астрономическому времени механизмах регуляции сердечно-сосудистой деятельности по сравнению с механизмами терморегуляции. Более чувствительными благодаря 6-часовой синусоиде в этом плане оказываются механизмы регуляции систолического артериального давления по отношению к частоте пульса, мышечной силы кисти правой руки по отношению к левой. На уровне умственной деятельности более чувствителен механизм, ответственный за регуляцию длительности перебора чисел, по отношению к механизму, ответственному за регуляцию длительности устного счета чисел, связанной с умственным напряжением. Последнее заключение основано на обнаружении 12-часовой синусоиды при переборе и ее отсутствии во время счета.

Эти данные позволяют сделать вывод о том, что различные показатели могут отражать работу общего механизма на базе однопериодных функциональных систем. Так, показатели систолического артериального давления, дыхания и мышечной силы только правой руки характеризуют работу 6-часового наиболее высокочастотного «генератора», что может говорить о возможности более быстрой перестройки временных связей.

Следующая функциональная система расположена по иерархии управления на более низком уровне и отражается на 8-часовой синусоиде показателями количества циклов дыхания и частоты пульса. Еще ниже — система 12-часовых синусоид (температура тела, дыхание, пульс, мышечная сила правой руки, умственная работа, сопряженная больше с повышенным вниманием к ассоциативной памяти, чем к зрительной памяти и абстрактному мышлению). Наконец, система 24-часовых синусоид включает в работу все показатели, за исключением количества циклов дыхания. О локализации этих функциональных систем трудно судить, но можно предположить о все более преобладающем влиянии корковых отделов мозга по мере укорочения периода синусоиды. Так, природа 24-часовых синусоид близка к наиболее элементарным трофическим формам активности, тесно связанным с гормонально-гуморальными влияниями. В пользу этого можно привести следующие косвенные данные: 1) последовательная смена акрофаз пульса, температуры, мышечной силы и т. д.; 2) отсутствие 24-часовой синусоиды дыхания (дыхательный центр менее всех сравниваемых по другим показателям связан с гуморальными влияниями, химизмом и весьма чувствителен к проявлениям высших функций, особенно эмоциональным переживаниям); 3) постоянство 24-часовой синусоиды у разных людей, живущих и работающих в разных условиях.

Исходя из этого можно считать, что систолическое артериальное давление, дыхание и мышечная сила кисти правой руки отражают свойства наиболее чувствительного к перестройке механизма, связанного в большей степени с работой высших отделов мозга, а такие показатели, как диастолическое артериальное давление, мышечная сила левой руки, отражают свойства наименее

чувствительных к перестройке механизмов. По-видимому, они в меньшей степени связаны с работой высших отделов мозга.

Умственная деятельность, в отличие от других, осуществляется корковыми структурами мозга, причем находит прямое отражение на таких краткопериодных процессах, как ЭЭГ и импульсная корковая активность. Однако на эти краткопериодные процессы, по-видимому, влияют и околосуточные ритмы. Пример тому 24-часовая синусоида длительностей устного перебора чисел и устного счета. Факт отсутствия 8-и 6-часовых синусоид при умственной деятельности может служить доказательством тому, что влияние на кору мозга околосуточных ритмов физиологических функций, отражающих элементарные процессы, сведено в процессе эволюции к минимуму.

Все это позволило глубже подойти к пониманию роли кратных синусоид как датчиков времени, поставить дополнительные опыты по выявлению, например, 48-часовых синусоид (табл. 9, рис. 9) у разных показателей и на примере температуры тела убедиться в том, что параметры обнаруживаемых синусоид (рис. 10—12) не соответствуют параметрам синусоид случайного шумоподобного процесса (математическая модель на ЭВМ), причем воспроизводимость несоответствия высока (табл. 10, рис. 13).

Природа 48-часовой синусоиды косинорова тела (табл. 11) связана с апериодичностью хронограммы 48-часового обследования. Доказательством этому служат совпадения (рис. 14) на 48-часовом интервале синусоид других периодов длиннее 48 часов (табл. 12), а также перемещения акрофаз по мере удлинения периодов (рис. 15).

Значение устанавливаемой групповой способности организма к прецизионному отсчету времени дополняется возможностью выявлять и изучать скрытую хронографическую структуру суточного ритма температуры тела (рис. 16), систолического (рис. 17) и диастолического (рис. 18) артериального давления, количества циклов дыхания (рис. 19), частоты пульса (рис. 20, 21), мышечной силы правой (рис. 22, 23) и левой (рис. 24) кистей рук, длительностей устного перебора натурального ряда (рис. 25) и устного перемножения чисел (рис. 26). Скрытая хронографическая структура ритма отчетливо показывает, что в каждом показателе существует закономерно повторяющаяся форма суточной волны на 24-часовой и кратных ей синусоидах, которая замаскирована в данном случае 48-часовой синусоидой, а также другими помехами.

Эта форма волны закономерна потому, что в отличие от данных модели (табл. 13), включая экстраполяцию (табл. 14), тонкая структура амплитудного, фазового и интервалодоверительного фазового спектров периодов (периодограммы) на примере одного из показателей четко обнаруживает (рис. 27) различия на исследуемых гармониках и не выявляет особенностей в периодах, больших 24 часов (см. табл. 12). Вместе с тем уплощенность на интервале периодов 24 и 48 часов подтверждает циркадность исследуемого ритма.

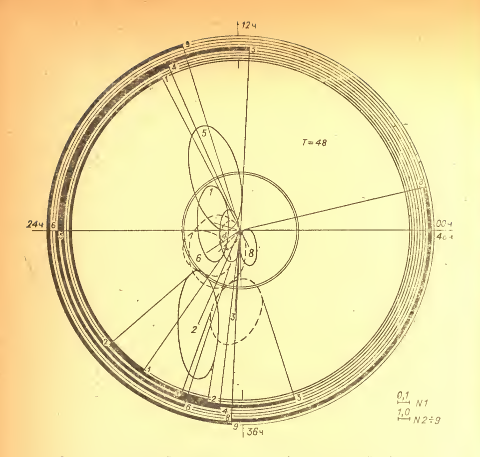


Рис. 9. Срез косиноровой пещеры на уровне 48-часового циферблата, определяющий взаиморасположение акрофаз выявленных 48-часовых синусоид: *1* — температуры тела, *2* — систолического и *3* — диастолического артериального давления, *4* — частоты дыхания, *5* — пульса, *6* — мышечной силы правой руки, *8* — длительностей перебора и *9* — умножения чисел. Средние параметры показателя мышечной силы левой руки (*7*) недостоверны.

Самостоятельный интерес представляют количество и номенклатура гармоник по отдельным показателям (табл. 15). Так, температура тела характеризуется только 24- и 12-часовыми гармониками, систолическое артериальное давление содержит 24- и 6-часовые гармоники, диастолическое — 24-часовую, дыхание — 12-, 8-, 6-часовые, пульса — 24-, 12, 8-часовые, мышечная сила кисти правой руки — 24-, 12-, 6-часовые, левой — только 24-часовую, длительности устного перебора чисел — 24-, 12-часовые, а умножения — только 24-часовую.

Таким образом, по обнаружению гармоник имеем, что: 1) 24-часовая гармоника выявлена у всех показателей, исключая дыха-

ние (4), которое в отличие от всех восьми показателей характеризуется тремя гармониками — 12-, 8- и 6-часовой; 2) температура тела и пульс содержат 24- и 12-часовые гармоники, но пульс в отличие от температуры тела дополнительно содержит 8-часовую; 3) артериальное давление систолическое и диастолическое не содержит 12-и 8-часовых гармоник, но в отличие от диастолического систолическое имеет 6-часовую дополнительно к 24-часовой; 4) мышечная сила кистей правой (6) и левой (7) руки содержит 24-часовую синусоиду, но в отличие от левой правая содержит дополнительно 12- и 6-часовые; 5) длительность устного перебора (8) чисел в отличие от длительности устного умножения (9) характеризуется дополнительно 12-часовой синусоидой.

Основное практическое назначение теоретических результатов состоит в том, что они могут быть использованы в качестве дополнительных показателей «синдрома полярного напряжения» [Казначеева, 1980] и тем самым служить индикатором успешного адаптирования к условиям отдаленных районов, особенно при строительстве таких объектов, как БАМ. Кроме того, полученные данные могут учитываться в критериях, характеризующих успешность выработки рабочих навыков для оптимизации процесса обучения, а также в спорте и медицине.

*

* *

Рассмотрим принцип выявления скрытых периодичностей по оценке спектральной плотности [Серебренников, Первозванский 1965]. Пусть над процессом $x(t)$ производится корреляционное преобразование. Если процесс является реализацией стационарного случайного процесса (в этот класс входят любые полигармонические процессы) и преобразование проводится на бесконечном интервале времени

$$x^{(1)}(t) = \lim_{a\to\infty} \frac{1}{2a} \int_{-a}^{a} x(\tau)\, x(t+\tau)\, d\tau,$$

то, очевидно, $x^{(1)}(t)$ совпадает по форме с корреляционной функцией $K(t)$ исходного процесса $x(t)$.

Построим преобразование Фурье для $x^{(1)}(t)$:

$$u_1(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \cos(\omega t)\, x^{(1)}(t)\, dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega t} x^{(1)}(t)\, dt.$$

Очевидно, что $u_1(\omega)$ тождественно совпадает со спектральной плотностью исходного процесса:

$$u_1(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega t} K(t)\, dt = S(\omega).$$

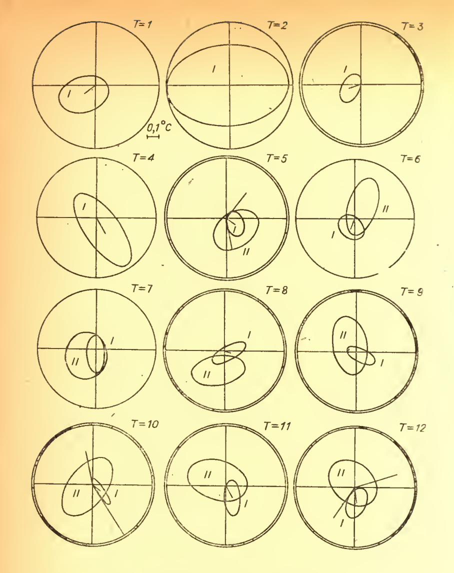


Рис. 10. Геометрические косиноровы тела:

I — температуры, вычисленные для группы, находящейся на стандартном режиме в условиях Якутии (серия опытов А), и *II* — математической модели на ЭВМ. Косиноровы поля демонстрируются в срезах разных циферблатов с периодом *T*/ч.
Отсчет акрофазы производится в общепринятом варианте системы полярных координат.
Продолжение на рис. 11 и 12.

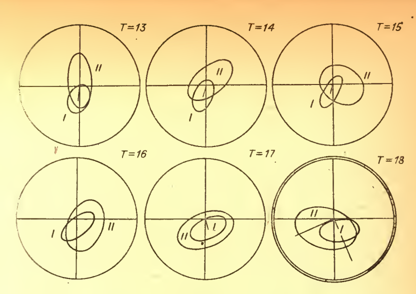


Таблица 9

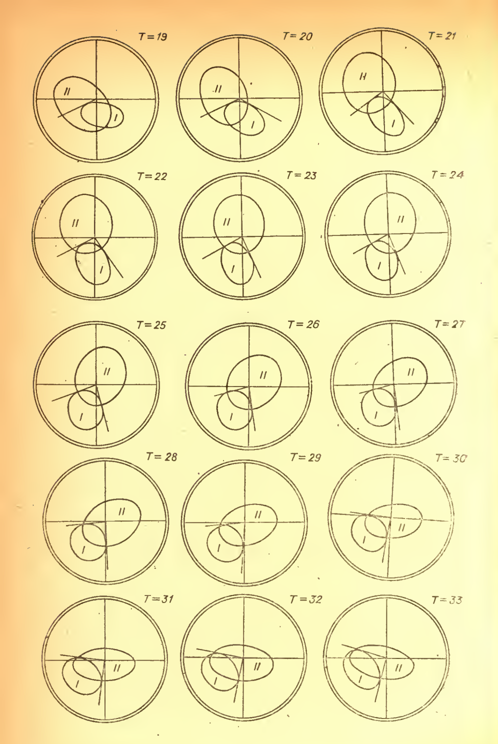
Групповые параметры эллипса ошибок на 48-часовом циферблате ($T = 48$) у 9 разных физиологических показателей в серии А. Результаты построения косинорова тела

№ п/п	$2a$	x_C	y_C	Θ, °	c	a	b	r	S_x	S_y
1	+0,64	−0,24	+0,06	+92,7	+0,29	+0,32	+0,14	−0,09	+0,06	+0,13
2	+9,29	−3,77	−7,84	+91,1	+4,27	+4,65	+1,84	−0,04	+0,75	+1,90
3	+5,87	−0,45	−6,74	+62,1	+2,10	+2,93	+2,05	+0,29	+0,93	+1,13
4	+2,34	−0,93	−0,44	+67,2	+0,89	+1,17	+0,75	+0,31	+0,34	+0,46
5	+9,09	−2,16	+4,38	+103,4	+4,03	+4,55	+2,10	−0,36	+0,94	+1,82
6	+4,59	−2,99	−1,94	−34,8	+1,42	+2,30	+1,80	−0,22	+0,88	+0,81
7	+6,22	−2,01	−1,77	+84,2	+1,80	+3,11	+2,53	+0,04	+1,04	+1,27
8	+3,10	+0,69	−1,40	+92,9	+1,39	+1,55	+0,68	−0,09	+0,28	+0,63
9	+4,49	−0,91	−0,41	+94,3	+2,08	+2,25	+0,85	−0,16	+0,35	+0,92

Таблица 10

Групповые параметры эллипса ошибок на 48-часовом циферблате ($T = 48$) у математической модели экспериментальных данных на ЭВМ

№ опыта	$2a$	x_C	y_C	Θ, °	c	a	b	r	S_x	S_y
1	+0,65	−0,02	+0,11	+95,4	+0,31	+0,33	+0,10	−0,26	+0,04	+0,13
2	+0,40	+0,05	−0,08	−8,6	+0,16	+0,20	+0,13	−0,14	+0,08	+0,05
3	+0,38	−0,09	−0,04	+18,1	+0,15	+0,18	+0,11	+0,30	+0,07	+0,05
4	+0,62	+0,06	−0,05	+0,6	+0,26	+0,31	+0,16	+0,01	+0,13	+0,07
5	+0,50	−0,02	−0,03	+82,5	+0,22	+0,25	+0,12	+0,21	+0,05	+0,10
6	+0,51	+0,05	+0,04	+114,2	+0,15	+0,25	+0,20	−0,17	+0,09	+0,10
7	+0,30	+0,05	−0,06	+26,4	+0,11	+0,15	+0,10	+0,32	+0,06	+0,04
8	+0,46	−0,03	+0,07	+58,0	+0,18	+0,23	+0,15	+0,37	+0,07	+0,09
9	+0,58	−0,17	+0,08	+17,5	+0,23	+0,29	+0,18	+0,28	+0,12	+0,08
10	+0,51	−0,08	−0,01	−29,1	+0,23	+0,26	+0,12	−0,58	+0,09	+0,07


T = 19
II
I
T = 20
II
I
T = 21
II
I
T = 22
II
I
T = 23
II
I
T = 24
II
I
T = 25
II
I
T = 26
II
I
T = 27
II
I
T = 28
II
I
T = 29
II
I
T = 30
II
I
T = 31
II
I
T = 32
II
I
T = 33
II
I

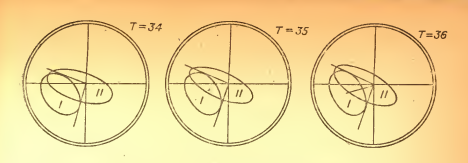


Рис. 11. Геометрические косиноровы тела. Продолжение рис. 10. Окончание на рис. 12.

Рис. 12. Геометрические косиноровы тела. Окончание. Начало на рис. 10.

Рис. 13. Результаты расчетов, повторяющие производство 10 раз подряд (01, 02, ..., 010) правильного решения об отсутствии синусоид в модели, имитирующей 48-часовую хронограмму температуры тела человека (*1*). Центр координат всегда оказывается находящимся внутри эллипсов (01—010). Ост. обозн. см. рис. 10.

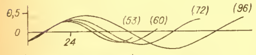


Рис. 14. Суперпозиция синусоид с разными периодами, экстраполируемыми на основе 8-часовых хронограмм температуры тела у группы лиц серии наблюдений А.

Цифры в скобках — период синусоид в часах. По оси ординат — отклонения показаний температуры от мезора в °С.

Таблица 11

Групповые параметры эллипса ошибок на разных циферблатах (T) у показателя температуры тела в серии А. Интерполяция хронограммы синусоидами с периодами, меньшими интервалами обследования

Пробный период (T, ч)	$2a$	x_C	y_C	Θ, °	c	a	b	r	S_x	S_y
1	+0,42	—0,10	—0,07	+18,5	+0,16	+0,21	+0,14	+0,26	+0,08	+0,06
2	+1,00	—0,01	—0,00	+2,9	+0,38	+0,50	+0,33	+0,05	+0,20	+0,13
3	+0,24	—0,09	—0,03	+66,1	+0,09	+0,12	+0,08	+0,27	+0,04	+0,05
5	+0,21	+0,08	—0,05	+103,9	+0,08	+0,11	+0,07	—0,22	+0,03	+0,04
6	+0,24	—0,03	—0,07	—37,9	+0,08	+0,12	+0,09	—0,30	+0,04	+0,04
7	+0,32	—0,00	+0,04	+92,4	+0,14	+0,16	+0,08	—0,07	+0,03	+0,06
8	+0,33	+0,04	—0,01	+29,9	+0,15	+0,16	+0,06	+0,69	+0,06	+0,04
9	+0,26	+0,04	—0,03	—23,2	+0,12	+0,13	+0,05	—0,68	+0,05	+0,03
10	+0,26	+0,07	—0,05	+124,6	+0,13	+0,13	+0,03	—0,86	+0,03	+0,04
11	+0,29	+0,06	—0,10	+94,6	+0,13	+0,14	+0,06	—0,17	+0,02	+0,06
12	+0,27	+0,02	—0,12	+70,0	+0,11	+0,14	+0,08	+0,34	+0,04	+0,05
13	+0,25	—0,01	—0,11	+65,5	+0,09	+0,13	+0,09	+0,24	+0,04	+0,05
14	+0,27	—0,03	—0,09	+68,8	+0,11	+0,14	+0,08	+0,33	+0,04	+0,05
15	+0,30	—0,02	—0,06	+56,4	+0,14	+0,15	+0,07	+0,61	+0,04	+0,05
16	+0,32	—0,00	—0,06	+40,0	+0,15	+0,16	+0,07	+0,69	+0,05	+0,05
17	+0,34	+0,02	—0,07	+22,1	+0,15	+0,17	+0,08	+0,50	+0,07	+0,04
18	+0,36	+0,04	—0,10	+3,49	+0,15	+0,18	+0,09	+0,08	+0,07	+0,04
19	+0,36	+0,05	—0,13	—14,8	+0,15	+0,18	+0,11	—0,26	+0,07	+0,05
20	+0,37	+0,04	—0,17	—31,5	+0,14	+0,18	+0,12	—0,38	+0,07	+0,06
21	+0,37	+0,02	—0,20	+134,5	+0,14	+0,18	+0,12	—0,37	+0,06	+0,06
22	+0,36	—0,01	—0,21	+123,0	+0,13	+0,18	+0,13	—0,30	+0,06	+0,07
23	+0,35	—0,04	—0,22	+113,5	+0,12	+0,18	+0,13	—0,21	+0,06	+0,07
24	+0,34	—0,06	—0,22	+106,0	+0,10	+0,17	+0,14	—0,12	+0,06	+0,07
25	+0,33	—0,09	—0,21	+100,6	+0,09	+0,16	+0,14	—0,06	+0,06	+0,07
26	+0,32	—0,11	—0,20	+99,0	+0,07	+0,16	+0,14	—0,03	+0,06	+0,06

Таблица 12

Групповые параметры эллипса ошибок на разных циферблатах (T) у показателя температуры тела в серии А. Экстраполяция хронограммы синусоидами с периодами, большими интервала обследования

Пробный период (T, ч)	$2a$	x_C	y_C	Θ, °	c	a	b	r	S_x	S_y
48	+0,64	—0,24	+0,06	+92,7	+0,29	+0,32	+0,14	—0,09	+0,06	+0,13
53	+0,76	—0,24	+0,11	+84,0	+0,35	+0,38	+0,15	+0,22	+0,06	+0,15
60	+0,94	—0,24	+0,16	+74,3	+0,44	+0,47	+0,16	+0,57	+0,08	+0,19
72	+1,31	—0,22	+0,24	+62,0	+0,63	+0,65	+0,18	+0,82	+0,14	+0,24
96	+2,24	—0,17	+0,39	+46,5	+1,10	+1,32	+0,22	+0,92	+0,32	+0,34
120	+3,45	—0,10	+0,53	+37,2	+1,70	+1,72	+0,27	+0,95	+0,57	+0,44
144	+4,92	—0,02	+0,66	+31,0	+2,44	+2,46	+0,32	+0,96	+0,86	+0,53
168	+6,67	+0,09	+0,78	+26,6	+3,31	+3,33	+0,37	+0,96	+1,22	+0,62
192	+8,68	+0,21	+0,91	+23,3	+4,32	+4,34	+0,42	+0,97	+1,63	+0,72

Таблица 13

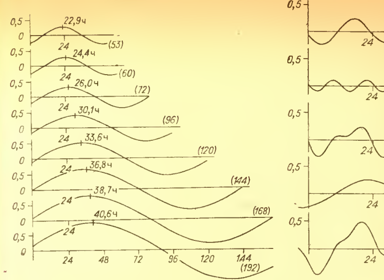
Групповые параметры эллипса ошибок на разных циферблатах (T) у модели на ЭВМ, имитирующей результаты серии А. Интерполяция хронограммы синусоидами с периодами меньше интервала обследования

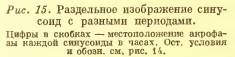
Пробный период (T, ч)	$2a$	x_C	y_C	Θ, °	c	a	b	r	S_x	S_y
1	$6{,}8 \times 10^4$	4400	−43000	132,2	Авост — переполнение					
2	Авост — переполнение									
3	Авост — переполнение									
4	Авост — переполнение									
5	+0,42	+0,08	−0,09	+34,8	+0,15	+0,21	+0,15	+0,33	+0,08	+0,07
6	+0,50	+0,07	+0,11	+72,2	+0,22	+0,25	+0,12	+0,43	+0,06	+0,10
7	+0,41	−0,0[illegible]	−0,06	+82,8	+0,09	+0,20	+0,18	+0,03	+0,07	+0,08
8	+0,45	−0,05	−0,16	+10,4	+0,19	+0,22	+0,11	+0,26	+0,09	+0,05
9	+0,49	−0,06	+0,05	+99,7	+0,20	+0,24	+0,13	−0,21	+0,06	+0,10
10	+0,56	−0,04	−0,02	+51,5	+0,23	+0,28	+0,16	+0,50	+0,09	+0,10
11	+0,52	−0,06	+0,04	−14,3	+0,20	+0,26	+0,17	−0,20	+0,10	+0,07
12	+0,45	−0,01	+0,04	−38,8	+0,15	+0,22	+0,16	−0,30	+0,08	+0,08
13	+0,45	−0,00	+0,04	+94,2	+0,20	+0,23	+0,10	−0,14	+0,04	+0,09
14	+0,43	+0,03	+0,04	+37,9	+0,19	+0,22	+0,11	+0,60	−0,07	+0,06
15	+0,39	+0,07	+0,00	−30,8	+0,12	+0,19	+0,15	−0,23	+0,08	+0,07
16	+0,44	+0,06	−0,06	+66,2	+0,16	+0,22	+0,15	+0,28	+0,07	+0,08
17	+0,51	−0,00	−0,09	+20,6	+0,21	+0,26	+0,15	+0,66	+0,10	+0,07
18	+0,55	−0,07	−0,08	−14,5	+0,22	+0,28	+0,16	−0,26	+0,11	+0,07
19	+0,55	−0,11	−0,04	−43,1	+0,20	+0,27	+0,18	−0,37	+0,10	+0,09
20	+0,52	−0,13	+0,02	+115,3	+0,1[illegible]	+0,26	+0,21	−0,18	+0,09	+0,10
21	+0,50	−0,11	+0,07	+106,6	+0,12	+0,25	+0,22	−0,07	+0,09	+0,10
22	+0,50	−0,07	+0,10	+107,8	+0,11	+0,25	+0,22	−0,07	+0,09	+0,10
23	+0,50	−0,02	+0,10	+96,0	+0,13	+0,25	+0,22	−0,03	+0,09	+0,10
24	+0,51	+0,02	+0,09	+78,2	+0,14	+0,25	+0,21	+0,07	+0,09	+0,10
25	+0,51	+0,04	+0,07	+60,6	+0,15	+0,25	+0,20	+0,19	+0,09	+0,10

Таблица 14

Групповые параметры эллипса ошибок на разных циферблатах (T) у модели на ЭВМ, имитирующей результаты серии А. Экстраполяция хронограммы синусоидами с периодами, большими интервала обследования

Пробный период (T, ч)	$2a$	x_C	y_C	Θ, °	c	a	b	r	S_x	S_y
48	+0,65	−0,02	+0,11	+95,5	+0,31	+0,33	+0,10	−0,26	+0,04	+0,13
53	+0,63	+0,01	+0,10	+77,6	+0,29	+0,31	+0,11	+0,46	+0,05	+0,13
60	+0,60	+0,05	+0,08	+56,9	+0,27	+0,30	+0,12	+0,68	+0,08	+0,11
72	+0,59	+0,08	+0,05	+29,3	+0,25	+0,29	+0,15	+0,52	+0,11	+0,08
96	+0,64	+0,09	−0,01	−11,7	+0,23	+0,23	+0,23	−0,14	+0,13	+0,10
120	+0,77	+0,09	−0,05	+124,8	+0,22	+0,39	+0,32	−0,18	+0,14	+0,15
144	+1,01	+0,08	−0,09	+87,6	+0,32	+0,50	+0,38	+0,02	+0,16	+0,21
168	+1,32	+0,07	−0,12	+69,3	+0,49	+0,66	+0,44	+0,26	+0,19	+0,26
192	+1,69	+0,05	−0,15	+58,5	+0,68	+0,84	+0,50	+0,44	+0,25	+0,31




Рис. 15. Раздельное изображение синусоид с разными периодами.

Цифры в скобках — местоположение акрофазы каждой синусоиды в часах. Ост. условия и обозн. см. рис. 14.

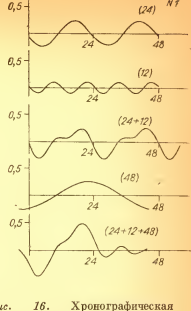


Рис. 16. Хронографическая структура суточного ритма температуры тела.

Цифры в скобках — пробные периоды синусоид в часах. По оси ординат — отклонения показаний температуры от мезора в °С. Структура ритма реконструирована по данным косинорового пещеры (см. рис. 5—9). Результат обследования группы лиц серии наблюдений А.

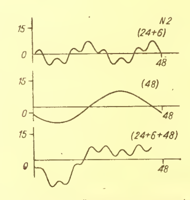


Рис. 17. Хронографическая структура суточного ритма систолического артериального давления.

Здесь и на рис. 18 по оси ординат — отклонения показаний давления от меаора, мм рт. ст. Ост. условия и обозн. см. рис. 16—26.

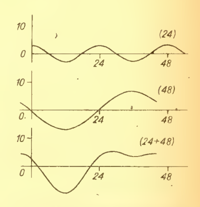


Рис. 18. Хронографическая структура суточного ритма диастолического артериального давления.

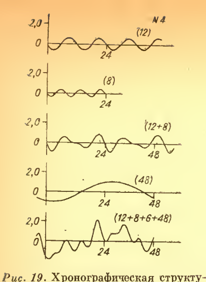


Рис. 19. Хронографическая структура суточного ритма хода частоты дыхания.

Здесь и на рис. 20, 21 по оси ординат — отклонения от мезора в показаниях количества циклов в 1 мин.

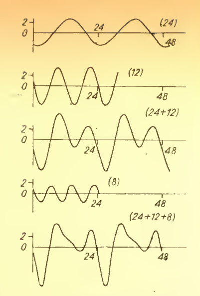


Рис. 20. Хронографическая структура суточного ритма частоты пульса.

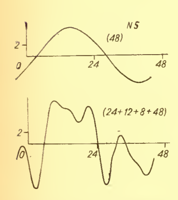


Рис. 21. Хронографическая структура суточного ритма частоты пульса (продолжение).

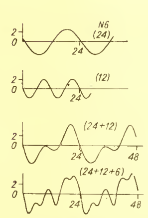
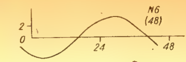


Рис. 22. Хронографическая структура суточного ритма мышечной силы правой руки.

Здесь и на рис. 23, 24 по оси ординат — отклонения мышечной силы от мезора в килограммах.



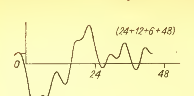


Рис. 23. Хронографическая структура суточного ритма мышечной силы правой руки (продолжение).

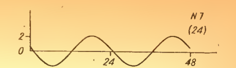
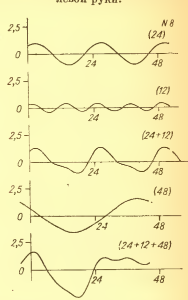


Рис. 24. Хронографическая структура суточного ритма мышечной силы левой руки.



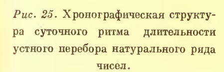


Рис. 25. Хронографическая структура суточного ритма длительности устного перебора натурального ряда чисел.

Здесь и на рис. 26 по оси ординат — отклонения длительности выполнения теста от мезора в секундах.

Если $x(t)$ равна сумме полигармонического процесса и некоторой чисто «шумовой» компоненты

$$x(t) = \sum_{j=1}^{\nu} A_j \cos(\omega_j t + \psi_j) + n(t),$$

то

$$u_1(\omega) = S(\omega) = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{\nu} A_j^2 [\delta(\omega - \omega_j) + \delta(\omega + \omega_j)] + S_n(\omega),$$

т. е. в диапазоне $0 \leqslant \omega < \infty$ функции $u_1(\omega)$ представляет собой результат наложения пиков бесконечной высоты на частотах, соответствующих частотам гармоник в процессе $x(t)$ на относительно гладкую функцию $S_n(\omega)$, равную спектральной плотности чисто шумовой помехи (для помехи в виде «белого шума» $S_n = \text{const}$). По месту расположения пиков в $u_1(\omega)$ можно определить значения частот гармоник в $x(t)$.

Физиологические ритмы всегда задаются на конечном интервале $[-L, L)$, и результат корреляционного преобразования, по-

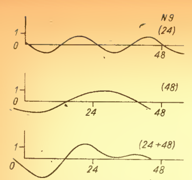


Рис. 26. Хронографическая структура суточного ритма длительности устного перемножения двузначных чисел.

Таблица 15

Наличие достоверно выявленных синусоид у разных показателей состояния организма в серии А (+)

№ п/п	Показатель	Период, ч				
		24	12	8	6	48
1	Температура тела	+	+			+
2	Артериальное давление систолическое	+			+	+
3	Артериальное давление диастолическое	+				+
4	Количество циклов дыхания за минуту		+	+	+	+
5	Частота пульса	+	+	+		+
6	Мышечная сила правой руки	+	+		+	+
7	Мышечная сила левой руки	+				
8	Длительность мысленного перебора чисел	+	+			+
9	Длительность устного счета	+				+

лучаемый теоретически, не точно совпадает с корреляционной функцией, построенной на основе опытных данных. Построение преобразования Фурье от $x^{(1)}(t)$, т. е. вычисление функции:

$$u_1^*(\omega) = \int_{-a}^{a} \cos(\omega t)\, x^{(1)}(t)\, dt,$$

дает лишь оценку спектральной плотности.

Если анализируемый процесс $x(t)$ действительно чисто полигармонический, т. е.

$$x(t) = \sum_{j=1}^{\nu} A_j \cos(\omega_j t),$$

то такая оценка всегда достаточно хороша при большей продолжительности интервала обработки.

Этот факт просто доказывается, если вспомнить, что функции $u_1^*(\omega)$ лишь постоянным множителем отличается от функции $u(\omega)$, используемой при интегральном преобразовании Фурье для выявления скрытых периодичностей.

Вместе с тем преобразование в данном случае применяется не к исходному процессу, а к процессу $x^{(1)}(t)$. Авторами (М. Г. Серебренниковым и А. А. Первозванским [1965]) показано, что при полигармоническом $x(t)$ и $x^{(1)}(t)$ также полигармонический. Частоты составляющих $x^{(1)}(t)$ гармоник совпадают с частотами гармоник

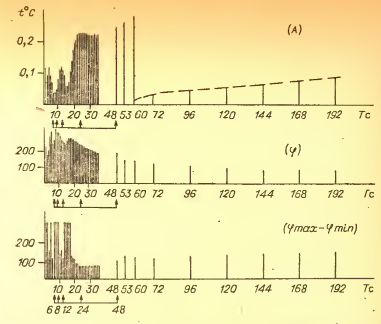


Рис. 27. Характеристики косинорова тела. Амплитудный и фазовые (A $t°$ C, φ, $\varphi_{max} - \varphi_{min}$ соответственно) спектры периодов (T) температуры тела в серии наблюдений А.

Данные и условия см. рис. 10. T — в с, A — в геометрических градусах. Стрелки внизу — периоды-делители 48-часового интервала, на котором задан ансамбль хронограмм.

в $x(t)$, а амплитуды претерпевают существенные изменения.

Если для любых частот ω_i, ω_j выполняются соотношения

$$|\omega_i - \omega_j|\, a \gg 1,$$

то в результате корреляционного преобразования каждая из гармоник преобразуется независимо, и $x^{(1)}(t)$ имеет вид

$$x^{(1)}(t) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{\nu} A_j^2 \cos(\omega_j t).$$

Отсюда функция u_1^* пропорциональна функции u, построенной для исходного процесса с амплитудами всех гармоник, возведенными в квадрат. С увеличением продолжительности интервала обработки острота пиков в $u_1^*(\omega)$ увеличивается так же, как и в $u(\omega)$. Следовательно, возрастает и точность определения частот и амплитуд выявляемых гармоник. Возведение амплитуд в квадрат при корреляционном преобразовании позволяет с учетом использования $u_1^*(\omega)$ с наибольшей точностью определить гармоники с наибольшей амплитудой, т. е. надежнее выявлять главные особенности процесса.

Наличие в $x(t)$ сколь угодно близких гармонических компонент приводит к тому, что условие неравенства при конечном a не выполняется и амплитуда любой гармоники в $x^{(1)}(t)$ — результат наложения других гармоник. Более того, наложение бесконечно малых гармоник, содержащихся в $n(t)$, может привести к появлению в $u_1^*(\omega)$ пиков конечной высоты, трудно отличимых от пиков, даваемых непосредственно выявляемыми гармониками.

В том случае, когда в силу исходных физических соображений неясно, действительно ли процесс $x(t)$ содержит чисто гармонические компоненты, появление в $u_1(\omega)$ пиков конечной высоты еще не дает достаточных оснований для утверждения о существовании таких гармоник.

Пусть $X(t)$ — стационарный случайный процесс, являющийся эргодическим по отношению к корреляционной функции. Тогда его корреляционная функция может быть вычислена по единственной реализации $x(t)$:

$$K(\tau) = \lim_{L\to\infty} \frac{1}{2L} \int_{-L}^{L} x(t)\,x(t+\tau)\,dt.$$

При этом должны быть использованы значения $x(t)$ на всей оси t. При наличии известной корреляционной функции спектральная плотность определяется с помощью преобразования Фурье:

$$S(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(\tau)\,e^{-i\omega\tau} d\tau.$$

Пусть в распоряжении исследователя имеется только отрезок единственной реализации $x(t)$ случайного процесса $X(t)$, заданный на конечном интервале $[-L, +L]$. Возникает естественная проблема: анализируя отрезок, дать оценку спектральной плотности и установить точность этой оценки.

Естественным путем получения таких оценок может быть построение формул, подобных приведенным выше, но не требующих знания значений $x(t)$ вне заданного интервала.

Так, можно построить оценку корреляционной функции при конечном $a < L$ и вычислить ее усеченное преобразование Фурье на отрезке $[-L+a,\ L-a]$:

$$I_L^*(\omega) = \frac{1}{4\pi a} \int_{-(L-a)}^{L-a} e^{-i\omega\tau} d\tau \int_{-a}^{+a} x(t)\,x(t+\tau)\,dt.$$

Вместо корреляционного преобразования может быть использована другая оценка корреляционной функции:

$$K^*(\tau) = \frac{1}{2L} \int_{-L}^{L-|\tau|} x(t)\,x(t+|\tau|)\,dt.$$

Эта оценка позволяет полнее использовать заданный отрезок для образования значения корреляционной функции при любом L, но по самой идее мало отличается от обычного корреляционного преобразования. Соответствующая оценка для спектральной плотности такова:

$$I_L^{**}(\omega) = \frac{1}{4\pi L} \int_{-2L}^{2L} e^{-i\omega\tau} d\tau \int_{-L}^{L-|\tau|} x(t)\, x(t + |\tau|)\, dt.$$

На практике используется оценка спектральной плотности:

$$I_L(\omega) = \frac{L}{4\pi} |F_L(i\omega)|^2 = \frac{L}{4\pi} [u^2(\omega) - V^2(\omega)].$$

Обе формулы приводят к идентичным результатам. Однако последняя оценка более связана с периодограммой.

При дискретном задании процесса $x(t)$ в $2N + 1$ точках $\lambda = 0$, $\pm 1, \ldots, \pm N$ оценка спектральной плотности, аналогичная вышеприведенной, имеет вид

$$I_N(\omega) = \frac{2N+1}{8\pi} |G_N(i\omega)|^2,$$

где

$$G_N(i\omega) = \frac{2}{2N+1} \sum_{\lambda=-N}^{N} x_\lambda e^{-i\omega}.$$

Так же, как и в непрерывном случае, можно показать, что эта оценка эквивалентна следующей:

$$I_N^{**}(\omega) = \frac{1}{2\pi(2N+1)} \sum_{\lambda=-2N}^{2N} e^{-i\omega\lambda} \sum_{S=-N}^{N-|\lambda|} x_S x_{S+|\lambda|}.$$

Теоретически полученные оценки, вычисленные для различных реализаций, могут принимать различные, случайные значения в то время как искомая спектральная плотность является единой для случайного процесса в целом.

Таким образом, вопрос о достоверности наличия скрытых периодичностей достаточно сложен и тесно связан с вопросом о достоверности оценок, на базе которых производится их выявление. Его естественно решать на теоретико-вероятностной основе, исходя из различных априорных предположений о действительной структуре анализируемого процесса [Серебренников, Первозванский, 1965]. Эти представления общеприняты. Приведенная теоретическая справка в данном случае позволяет нам отметить еще одно практическое значение полученных нами результатов эксперимента. А именно практическое значение подчеркивается необходимостью знания априорных предположений о действительной структуре анализируемых физиологических ритмов с целью построения адекватных эксперименту математических моделей.

2.2. СВОЙСТВА СИНФАЗНОСТИ У ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ. ОСОБЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ СИНУСОИД СУТОЧНОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО РИТМА. НЕСОВЕРШЕНСТВО РЕЗОНАНСНОГО МЕТОДА И ПУТИ УСТРАНЕНИЯ ВЛИЯНИЙ НЕРАВНООТСТОЯЩИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Анализ синфазности синусоид у физиологических показателей связан с результатами измерений их параметров при отождествлении. Для многократных отождествлений (т. е. начиная с двукратного) была предложена схема [Емельянов, 1976, рис. 5—11] экспресс-анализа многократных отождествлений при наличии множества фактических измерений. Работа устройства демонстрируется на примере четырех фактических значений параметров разных однопериодных синусоид. Каждое значение отражается в опыте своим измерением с характеристиками $P_{\text{проп о}}$, $P_{\text{лт о}}$. Имитация ситуации, возникающей при многократном отождествлении, осуществляется на математической модели путем так называемого запроса по фактическому значению. В результате запроса не по всем фактическим значениям выдаются измерения. Это обосновывается тем, что априори нам неизвестен факт непременной отождествляемости всех запрашиваемых отметок. Поэтому демонстрируется случай, когда два фактических значения априори «отвечают» на запрос, а два — не отвечают с вероятностными характеристиками качества действия $P_{\text{лт з}}(P_{\text{нп з}})$ и $P_{\text{проп з}}$. В результате полученных отметок по обнаружению и запросу, общее число которых может меняться от 0 до 8, требуется вынести одно решение о принадлежности отметок запроса отметкам обнаружения. Так как наглядных, простых решающих правил здесь не подобрать, то мы вынуждены осуществить некоторое оптимальное отождествление при помощи как специально предложенной схемы — автомата для множественного отождествления на ЭВМ, так и более наглядной схемы попарного отождествления. В результате использования обеих схем зафиксированы изменения синфазности 24-часовой синусоиды.

Сущность изменений синфазности 24-часовой синусоиды разных показателей состоит в детерминированных различиях их акрофаз на фоне статистического совпадения доверительных интервалов. Причем совпадение интервалов наблюдается при попарном отождествлении, а детерминированные различия — при отождествлении множественном.

Обоснованность фиксирования изменений синфазности 24-часовой синусоиды разных показателей вытекает из результатов построения косиноровых тел серии А. Результат построения всех девяти эллипсов ошибок 24-часовой синусоиды (см. рис. 5) показывает, что при попарном отождествлении все эллипсы могут быть отождествлены в пределах суток, за исключением от 6 до 9,5 ч утра. Перерыв на этом интервале дает основание заключить, что в

серии А первичная акрофаза 24-часовой синусоиды каждые новые сутки начинается с показателя частоты пульса (13,5 ч), затем следует акрофаза температуры тела (17 ч), мышечная сила правой и левой кисти, длительность устного перемножения (см. рис. 5, № 9) двузначных чисел (все три практически одновременно в пределах 18,5—19 ч), систолическое (20 ч 40 мин) и диастолическое (23 ч 35 мин) артериальное давление и, наконец, длительность перебора в уме натурального ряда чисел (3 ч).

Последовательно-попарное пересечение 9 эллипсов и близость акрофаз 24-часовых синусоид мышечной силы обеих рук, длительности устного перемножения являются обоснованием существованию 24-часовых синусоид с общими акрофазами. Однако попарно выявляемые различия между акрофазами пульса и мышечной силы правой руки, пульса и артериального давления (систолического и диастолического), температуры тела и длительности перебора в уме натурального ряда чисел служат обоснованием тому, что синфазность 24-часовых синусоид у разных показателей протекает по-разному. Иными словами, зафиксированы изменения синфазности, которые свидетельствуют о различных акрофазах 24-часовых синусоид, и эти изменения отражают как бы параллельно-последовательную смену влияний гипотетических «осцилляторов».

Воспроизводимость изменений синфазности 24-часовой синусоиды разных показателей доказывается методической особенностью сбора экспериментальных данных, а именно все суточные измерения дублировались на вторые сутки. В результате получены эллипсы ошибок при двукратных различных измерениях в течение двух суток — 48 ч.

Достоверность зафиксированных изменений определяется уровнем значимости на нулевой гипотезе 0,05, на конкурирующей 0,01.

Полученные данные находят свое объяснение в том, что в условиях работы на Крайнем Севере в связи с утренним пробуждением начинает усиливаться деятельность сердечно-сосудистой системы, проявляясь, в частности, в постепенном нарастании частоты ударов пульса. Акрофаза 24-часовой синусоиды частоты пульса наступает к обеденному перерыву. Закрепившимся режимом приема (13 ч) и усвоения (14—17 ч) пищи можно объяснить природу наибольшего выделения теплоты и нагрев тела, повышенный обмен веществ, а следовательно, повышение температуры в дневные часы. Вслед за повышением температуры наблюдается наибольшая замедленность устного счета. К концу рабочего дня наступает повышение артериального давления, причем сначала увеличивается систолическое, затем диастолическое. В середине ночи наблюдается наиболее замедленная скорость перечисления в уме натуральных чисел.

Таким образом, косинорова пещера из 9 показателей у человека позволяет хорошо известные процессы впервые продемонстрировать на уровне акрофаз 24-часовых синусоид (в отличие от прежде используемых для этой цели хронограмм). Важность этого

отличия состоит в том, что 1) синусоиды могут характеризовать элемент измерения времени, что имеет теоретическое значение, 2) процессы смены наибольшей активности у разных показателей оказываются измеримыми всего одним числом, что имеет практическое значение для развития методических приемов исследования смены состояний по различным показателям.

Хорошо объяснимо различие эллипсов (см. рис. 5, № 6, 7). Действительно, правая рука, как правило, сильнее левой, что отражено в большей амплитуде № 6 по сравнению с № 7. Вместе с тем ошибка акрофазы синусоиды левой руки больше, чем правой. Это может свидетельствовать о лучшей организации процессов временной координации в левом полушарии головного мозга по сравнению с правым, о ведущей роли левого. В последнем случае было бы естественно ожидать незначительное опережение акрофазы синусоиды правой руки, что и наблюдается в действительности. Эти данные могли бы иметь прямое отношение к механизму 24-часовой синусоиды как свидетельство в пользу формирования организмом синусоиды с целью отражения в деятельности его систем астрономического времени.

Наблюдаемое различие между акрофазами (см. рис. 5, № 9, 8), свидетельствующее о различиях в наступлении утомления при устном счете и при устном переборе ряда чисел, может быть объяснено включением разных механизмов мыслительной активности даже на ее элементарном уровне. Однако каждый механизм имеет свою дифференцированную синусоиду, т. е. адаптивный датчик времени. Умственное напряжение, требующее углубленного внимания и зрительной памяти, наиболее быстро проявляется в 7 ч утра, в то время как наивысшая скорость более простых реакций (высшая нервная деятельность (ВНД)) достигается в 15 ч.

Практическое значение зафиксированных изменений синфазности 24-часовой синусоиды разных показателей состоит в описании элементов структуры физиологических суточных ритмов в процессе адаптации у людей, живущих и работающих на Крайнем Севере. Первичность акрофазы пульса по сравнению с акрофазой температуры тела является доказательством нормальности функционирования этой цепи элементов у людей на Крайнем Севере. Обнаруженные изменения и результаты измерений могут оказаться чувствительными индикаторами состояния организма в процессе его адаптации.

Теперь обратим внимание на то, что истолкование результатов Косинор-анализа может оказаться не всегда правильным, если не учитывать одну особенность процедуры измерения синусоид. Она состоит в том, что исследуемые гармоники к моменту измерения должны быть обнаружены, причем правильное обнаружение не гарантирует в свою очередь точности измерений результата. И далее, правильное (либо ошибочное) измерение не гарантирует правильное (ошибочное) обнаружение, так как при любом результате обнаружения гармоника может отсутствовать, с какой бы точностью измерение не производилось.

Обоснуем это положение. Предположим, что гармоники не будут обнаружены к моменту измерения. Тогда измерение будет характеризовать обнаружение не только априори существующей гармоники, но и априори несуществующей, т. е. ошибочное измерение. Значит, ошибочное решение по обнаружению приведет к ошибочному решению по измерению несуществующей гармоники. Ошибочность по измерению в этом случае не будет зависеть от качества измерения, т. е. как бы ни планировали сбор экспериментальных материалов и как бы ни улучшалось качество его измерений, ошибочное решение сохранится, что и требовалось показать. Следовательно, к моменту измерения гармоники должны быть обнаружены. Примером правильного результата необнаружения и в связи с этим неправильных измерений могут служить измерения 24- и 12-часовой синусоид [Емельянов, 1976; рис. 13, 16, 18, 19, 20] температуры тела у человека в динамике умеренной гипокинезии.

Примером неправильного обнаружения и в связи с этим неправильных измерений могут служить измерения на математической модели 8-часовой синусоиды (см. рис. 10—12).

Обоснуем вторую часть положения — правильное обнаружение не гарантирует правильности измерений. Действительно, правильно обнаруженная гармоника может быть измерена с такой погрешностью, что ее результаты будут отождествлены с другой гармоникой, отличной от обнаруженной. Иначе, при правильном обнаружении произойдет неправильное отождествление. Величина погрешности измерения будет определяться методикой исследования. Примером неправильного измерения при правильном обнаружении могут служить величины акрофаз 12-часовых синусоид температуры и частоты пульса в динамике умеренной гипокинезии. Эти измерения позволяют принять правильное решение о существовании 12-часовых гармоник, но их параметры, как установлено специально, неправильны по причине отсутствия съема данных в ночное время. Эти же измерения могут служить основой для правильного решения по операции измерения, если выполнить корректировку (—3 ч).

Примером правильных измерений при правильном обнаружении могут быть показатели синусоид суточного ритма, обнаруженные в других обследованиях при умеренной гипокинезии, разных формах труда, а также при алиментарной дистрофии с учетом корректировки.

Воспроизводимость особенности синусоид вытекает из теории обнаружения и теории измерения сигналов при наличии помех. В исследовании физиологических суточных ритмов теория условна и ее соответствие в рамках выявляемых особенностей основано на результатах сопоставления материалов обработки (см. рис. 10—12) реального обследования и математической модели на ЭВМ, имитирующей суточные хронограммы температуры тела у группы серии А, в том числе для 24- и 12-часовой гармоник. Результаты сопоставления показывают высокую степень воспроизводимости

правильного измерения и обнаружения, если гармоника априори есть, и правильного необнаружения, если гармоника априори отсутствует.

Достоверность выделения особенностей при измерении синусоид основана на статистических расчетах всех гармоник, полученных путем опыта при уровне значимости 0,05 на нулевой гипотезе и результатах статистического моделирования эксперимента при уровне значимости 0,01 на конкурирующей гипотезе H_1.

Постановка и решение задач обнаружения и измерения сигналов при наличии помех известны были и ранее (например, [Хелстром, 1963]). Однако теория обнаружения и измерения сигналов основана на точном знании характеристик ошибки и элементов структуры сигнала, сканируемом по совпадающим и равноотстоящим измерениям, на статистической необнаружимости априори отсутствующих гармоник.

В отличие от известных особенностей постановки и решения задачи обнаружения и задачи измерения технических сигналов при наличии помех особенность измерения синусоид суточного биоритма по отношению к их обнаружению включает:

1) статистическую обнаружимость априори отсутствующего сигнала (гармоники);

2) неравноотстоящие измерения;

3) несовпадающие по времени измерения;

4) априори неизвестную структуру биоритма;

5) априори неизвестные характеристики ошибок,

т. е. классические атрибуты научных поисковых экспериментальных работ со всеми особенностями реального съема данных. Названные основные отличия устраняются нами путем 1) предварительного математического моделирования на ЭВМ операции реального обнаружения, что позволяет апробировать возможности физиологической методики исследования биоритмов и степень доверия к полученным результатам; 2) оценки сравнения статистики с порогами на основе обеих конкурирующих гипотез H_0 и H_1, что позволяет установить теоретическую достижимость эффекта обнаружения свойств биоритмов на основе предложенной методики; 3) функционирования простых решающих правил по обнаружению и по отождествлению гармоник на основе характеристик качества действия математической модели на ЭВМ, что позволяет быстро реконструировать гипотетический биоритм при реально существующих названных особенностях (см. 1—5) измерения синусоид суточного биоритма по отношению к их обнаружению.

Значение отличий выделенной особенности измерения синусоид суточного биоритма по отношению к их обнаружению состоит в принципиальной важности использования статистического моделирования для операции обнаружения и операции отождествления, помимо обработки реальных наблюдений.

Теперь остановимся на процедуре корректного построения косиноровых тел. Для неравноотстоящих измерений она осуществима двумя путями.

1. Сглаживанием значений хронограмм при помощи известных формул тригонометрической интерполяции для неравноотстоящих измерений [Уиттекер, Робинсон, 1935] и на основе интерполяционного многочлена — построением временных рядов с равноотстоящими измерениями. Это позволяет многократно применить Косинор-анализ для разных, кратных значений частот и тем самым получить оценку измерений косинорова тела.

2. Отказаться от применения Косинор-анализа и минимизировать функционал среднеквадратической ошибки по x, y, h для всех гармоник гармонического ряда в хронограмме. В результате этой процедуры гармоники окажутся линейно независимыми, но не будут ортогональными.

Эти возможности нами не использованы потому, что априори неизвестна структура исследуемого биоритма (сколько действительных гармоник содержит биоритм): структура подлежит определению из опытных данных. Использовать любую из возможностей означает априори «навязать» биоритму несуществующую структуру. В первом случае структура навязывается полиномом, во втором — расчетным путем обязательно включаемых гармоник. Последнее обстоятельство особенно опасно тем, что при достижении линейно независимой комбинации гармоник истинная может быть смещена по фазе и амплитуде за счет другой, кратной по природе помехой, а это смещение произойдет исключительно по причине неравноотстоящих измерений, т. е. оно окажется методическим артефактом. Поэтому возникает необходимость без навязывания «методической структуры» исследовать истинную по обнаружению каждую гармонику вне зависимости от существования других в одной и той же хронограмме.

С этой целью были расширены возможности Косинор-анализа, а именно построение косиноровых тел осуществлялось по схеме [Емельянов, 1976, рис. 4]. Основное отличие в работе предлагаемой схемы Косинор-анализа от известного метода состояло в предварительной оценке границ исследования гипотетической структуры, в определении всех кратных гармоник внутри границ и многократного применения Косинор-анализа. Однако это незначительное отличие привело к качественно и принципиально новому результату — построению косиноровых тел для ансамблей хронограмм, которые в точности совпадают с косиноровыми телами, вычисленными на основе минимизации по множеству гармоник в случае равноотстоящих измерений. Метод для получения косиноровых тел основан на явлении, близком резонансу, т. е. особенно эффективен при совпадении основной частоты хронограммы с частотой Косинор-анализа. Поэтому его лучше назвать резонансным в отличие от метода минимизации для всех гармоник. Однако при неравноотстоящих значениях этот метод несовершенен.

Несовершенство резонансного метода построения косиноровых тел состоит в том, что при неравноотстоящих измерениях нарушается условие ортогональности и условие линейной независимости гармоник. Путь устранения несовершенства состоит в кор-

ректировке результата с помощью анализа данных на ЭВМ.

Обоснованность этого положения основана на том, что в случае неравноотстоящих измерений положительные и отрицательные значения интеграла произведения исследуемой синусоиды и синусоиды гипотетически заданной в виде хронограммы могут оказаться различными по причине несимметричности неравноотстоящих значений хронограммы. Несимметричность повлечет отсутствие условий ортогональности и независимости. Однако метод построения косинорова тела с повторным использованием Косинор-анализа будет наилучшим в смысле обнаружения. Действительно, если частичная сумма гармонического ряда находится путем Косинор-анализа, то параметры амплитуды каждой гармоники будут наилучшими по обнаружению в смысле метода наименьших квадратов. В случае равноотстоящих значений параметры частичной суммы и результатов Косинор-анализа равны как при вычислении синусоиды из хронограммы в виде разности исходной и суммы первых гармоник. Но видоизмененная хронограмма, как уменьшенная на первые гармоники от исходной, не может по мощности превышать исходную. В случае неравноотстоящих значений минимизация ошибки происходит путем одновременного дифференцирования по x, y, h, но не на одной, а на всех гармониках. В результате показатели исследуемой гармоники оказываются связанными с другими гармониками этой хронограммы и не могут быть поэтому выше по амплитуде, чем в случае Косинор-анализа. Априори неизвестно количество гармоник, однако известно, что последующая гармоника вычисляется на основе исходной хронограммы и поэтому все предыдущие не ухудшают качество ее обнаружения.

Вместе с тем минимизация по параметрам всех гипотетических гармоник обеспечивает их линейную независимость ценой возможного изменения акрофазы и взаимовлияния их амплитуд. Обоснование пути устранения несовершенства в виде корректировки результата с помощью анализа данных на ЭВМ осуществлено для неравноотстоящих измерений, получаемых в обследованиях лиц с умеренной гипокинезией и лиц с алиментарной дистрофией. Анализ данных по группам с умеренной гипокинезией внес корректировку на акрофазу 12-часовой синусоиды +3 ч по отношению к контрольным группам (равноотстоящие измерения, а по группе с алиментарной дистрофией — корректировку на амплитуду 24-часовой синусоиды). Эти материалы и обоснование корректировки подробно освещены отдельно.

Воспроизводимость свойства несовершенства и воспроизводимость пути его устранения осуществлена методом сопоставления результатов одного и того же контингента групп, полученных при равноотстоящих и неравноотстоящих измерениях [Емельянов, 1976, табл. 8-0, 8-1; рис. 13—18].

Достоверность положения о несовершенстве основана на теоретических расчетах, подтверждена экспериментально. Достоверность результата устранения неравноотстоящих влияний лежит в

пределах 0,95—1,00. Наиболее близкий известный подход к оценке несовершенства получен ранее при описании метода Косинор-анализа. Использование этого подхода позволило осуществить выделение отдельных гармоник без установления факта возможных связей между ними в случае неравноотстоящих значений.

В отличие от Косинор-анализа при построении косиноровых тел предложена схема, включающая следующие отличительные элементы:

— предварительную оценку границ структуры,

— определение кратных гармоник,

— многократно применяемую процедуру Косинор-анализа, программное исполнение которой на ЭВМ ориентировано как на равноотстоящие, так и на неравноотстоящие измерения.

Значение развиваемого положения о резонансном методе, его свойствах и представления критического анализа особенностей его функционирования состоит в следующих преимуществах метода перед схемой построения косиноровых тел путем минимизации функционала от параметров всех гармоник:

1) чрезвычайная простота построения косиноровых тел и программной реализации их на ЭВМ;

2) удобная технология расчета массового эксперимента по сериям;

3) при более простом алгоритме полная совпадаемость результата для широко распространенных случаев равноотстоящих измерений в хронограммах.

Указанные преимущества позволили нам принять решение о переоценке возможностей метода Косинор-анализа и включить его в схему резонансного метода построения косиноровых тел. Все вышеизложенное дает основание рекомендовать резонансный метод построения косиноровых тел при обнаружении гармоник суточного биоритма.

2.3. ВОЗМОЖНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В АНСАМБЛЬ РЕАЛИЗАЦИЙ ПУТЕМ ИХ СПЕЦИАЛЬНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ НА ХРОНОГРАММЕ. УСЛОВИЯ КОМПОНОВКИ СТРУКТУРЫ ИССЛЕДУЕМОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО РИТМА

Возможность формирования основана на построении косинорова тела для максимального числа разделенных по времени хронограмм, причем каждая формируется на минимальном числе измерений.

Иначе, из ряда ограниченных вещественных значений

$$u_1,\ u_2,\ u_3,\ \ldots,\ u_n$$

в моменты

$$t_1,\ t_2,\ t_3,\ \ldots,\ t_n \in (0,\ T)$$

нами использовался ансамбль реализаций на более коротком интервале $\left(0, T\frac{k}{n}\right)$ для равноотстоящих значений:

$$u_1, u_2, \ldots, u_k,$$
$$u_{k+1}, u_{k+2}, \ldots, u_{2k},$$
$$u_{2k+1}, u_{2k+2}, \ldots, u_{3k},$$
$$\cdots\cdots\cdots$$
$$u_{mk+1}, uu_{mk+2}, \ldots, u_{mk+k}; \; k(m+1) \leqslant n.$$

Другое представление

$$u_1, u_2, \ldots, u_k,$$
$$u_1, u_2, \ldots, u_k, u_{k+1},$$
$$u_1, u_2, \ldots, u_k, u_{k+1}, u_{k+2},$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$u_1, u_2, \ldots, u_k, u_{k+1}, u_{k+2}, \ldots, u_n$$

ансамбля на интервале $(0, T)$ использовалось для установления момента прерываемости ранее обнаруженных гармоник и момента их статистического вторичного обнаружения по мере дополнения ансамбля новыми реализациями, т. е. определения скрытой периодичности, в том числе и прерываемости.

Наконец, представление

$$u_1, u_{k+1}, u_{2k+1}, \ldots, u_{mk+1},$$
$$u_2, u_{k+2}, u_{2k+2}, \ldots, u_{mk+2},$$
$$u_3, u_{k+3}, u_{2k+3}, \ldots, u_{mk+3},$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$u_k, u_{k+k}, {}_{2k+k}, \ldots, u_{mk+k},$$

где $k(m+1) \leqslant n$, заданное па интервале $(0, T \cdot k/n)$ для равноотстоящих значений, использовалось в серии А. Как известно, исходный временной ряд может быть обработан по программе индивидуального Косинора без рассматриваемых формирований.

Преимущества вводимых формирований состоят в возможности более глубокого исследования свойств временного ряда и применения одной и той же программы построения косинорова тела на основе групповых наблюдений. Эти преимущества особенно выразительны при практическом выполнении единой технологии расчетов на ЭВМ, так как при автоматизации эксперимента не требуется высокой квалификации у вспомогательного персонала.

Обоснование этому положению в общей форме вытекает из обзора А. Джери [1977]. Дополним его следующими деталями применительно к решению поставленной нами задачи. Пусть каждая хронограмма при известных условиях содержит синусо-

иду (без ограничения общности — частичную сумму ряда) заданного периода с наименьшим среднеквадратическим уклонением от хронограммы. В этом смысле приближение синусоиды для каждой хронограммы будет наилучшим. Несовпадающие и разделенные по времени хронограммы как реализации ритма будут иметь разные параметры синусоид одного периода, приближение которых к реальным хронограммам также наилучшее. Однако показатели разных синусоид одного периода от времени явно не зависят и, таким образом, могут формировать статистику. Это позволяет в результате перейти от ансамбля несовпадающих по времени хронограмм к суммируемой статистике параметров синусоид.

Дополним теперь обоснование максимальности числа разделенных по времени хронограмм при построении косинорова тела.

Действительно, среднеквадратическая ошибка (σ) среднего значения параметров (x) и (y) синусоиды равна $\sigma = S \sqrt{n}$, где S — стандартное отклонение. Эта ошибка будет стремиться к нулю при увеличении числа хронограмм n. Поэтому естественно наше стремление из одной хронограммы с m измерениями получить наибольшее число хронограмм с минимальным числом измерений. Однако, минимальное число должно быть таким, чтобы наиболее полно воспроизвести форму биоритма до наименьшего периода ($T_{\min}$). Согласно возможности кодирования непрерывной функции сообщения с ограниченным спектром частот до $1/T_{\min}$ получим, что шаг квантования $\Delta t = T_{\min}/2$.

Следовательно, максимальное число разделенных по времени хронограмм обеспечивает наименьшее значение среднеквадратической ошибки, но не ограничивается требованием наиболее полного воспроизведения высокочастотных компонент, определяющих форму физиологического ритма, что и требовалось показать.

А. Ф. Романенко и Г. А. Сергеев [1974] исследовали вопрос получения корреляционных функций стационарных неэргодических случайных процессов вида

$$X(t) = C_0 + Y(t),$$

где C_0 — случайная величина с заданной дисперсией, $Y(t)$ — стационарный случайный процесс, характеризуемый параметрами

$$M_y|_m Y(t) = m_y = \text{const};$$
$$M_y|_m R_y(\tau)[Y^0(t)Y^0(t+\tau)] = R_y(\tau);$$
$$Y^0(t) = Y(t) - m_y.$$

Особенности корреляционного анализа авторы рассматривали применительно к обработке n реализацией процесса $X(t)$ при условии, что предварительная оценка отыскивается в виде

$$R_y^*(\tau) = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} x_{j0}^*(t)\cdot x_{j0}^*(t+\tau),$$

где

$$x_{j0}^{*}(t) = x_j(t) - \frac{1}{T}\int_0^T x_j(\theta)\,d\theta;$$

$x_j(t)$ — j-я реализация исследуемого случайного процесса $X(t)$.

На примере экспоненциальной корреляционной функции они показали, что величина добавочного слагаемого в опытном расчете коррелограммы не зависит от числа обрабатываемых реализаций, а определяется первым моментом средней априорной корреляционной функции. Это свидетельствует о важности выбора правильной математической модели, на которой базируется последующий анализ хронограмм. А рассматриваемые нами формирования хронограммы в ансамбль реализаций могут служить одним из приемов подготовки данных к анализу структуры модели, на базе которой следует изучать форму физиологических ритмов.

Перейдем к результатам эксперимента для проверки выдвинутого положения. Воспроизводимость статистических свойств биоритмов на основе предложенных формирований следует из сходимости оценок стационарного временного ряда. Она отчетливо иллюстрируется как в эксперименте, так и на математической модели. В нашем эксперименте установлено, что суточный биоритм температуры тела содержит 24-часовую синусоиду, акрофаза которой изменяется в пределах 14—19 ч (см. рис. 5). Аналогичные показатели получены при обработке хронограмм у лиц в динамике умеренной гипокинезии [Емельянов, 1976; рис. 13, 14, 17, 19], с алиментарной дистрофией, у имеющих разные условия труда. Постоянство акрофазы 24-часовой синусоиды в данном случае — весьма убедительное свидетельство воспроизводимости свойств биоритмов у разных групп людей, живущих в разных условиях и в разных местностях, независимо от приема обследования, получения совпадающего по времени ансамбля хронограмм или получения одной сплошной хронограммы с последующим ее формированием в ансамбль несовпадающих по времени измерений. Все это полностью обосновывает выдвинутую возможность формирования.

Воспроизводимость статистических свойств предложенного формирования в ансамбль выявлена экспериментально на основе математической модели. Так, на рис. 13 графически изображены эллипсы ошибок при десятикратном (01, 02, . . ., 010) моделировании процесса, имитирующего стохастические свойства ансамбля, сформированного из одной хронограммы. Хронограмма составлена из последовательности некоррелированных случайных величин с математическим ожиданием, равным нулю. В результате все десять эллипсов пересекают точку начала координат $\{x, y\}$. Следовательно, ни один из десяти процессов не имеет гармонической составляющей с периодом 48 ч, что и предполагалось теоретически. Иначе, при априорном отсутствии гармоники вос-

производимость факта отсутствия безупречна (результаты моделирования), а при априорном предположении о существовании гармоники подтверждается факт ее наличия (эксперимент).

Достоверность воспроизводимых эффектов статистического обнаружения гармоник при формировании хронограммы в ансамбль определяется принятым уровнем значимости (0,05) для нулевой гипотезы H_0. Среди известных методик подготовки данных к исследованию физиологических суточных ритмов наиболее близка методика Н. Л. Асланяна [Косайнор-анализ..., 1979] тем, что в ней сформулированы алгоритмически методические рекомендации.

Основное отличие предлагаемого формирования хронограммы от всех известных приемов подготовки данных для статистического моделирования физиологических колебаний заключается в том, что (в дополнение к методике Н. Л. Асланяна) впервые для исследования статистических свойств формы волны суточных биоритмов описана и детализирована процедура использования одной хронограммы, которая скомбинирована из чередующихся измерений у разных людей одной группы. Для пояснения важности отличия предположим, что время измерений у разных людей одной группы совпадает. В этом случае необходимость в предполагаемых формированиях не возникает, а анализ ансамбля хронограмм с совпадающими измерениями, как известно, достаточно широко описан в литературе. Если же время измерений показателя почти совпадает, то по данным литературы такие материалы обычно формируют в ансамбль с приближенно совпадающими по времени измерениями. И это снижает ценность эксперимента, а именно «загрубляет» результат. В отличие от случая совпадающих измерений в случае несовпадающих даже прямое вычисление средних значений на хронограммах оказывается затруднительным, а методы предварительного сглаживания неэффективными из-за получения разнообъемных статистик. Поэтому в литературе описаны случаи анализа ансамбля хронограмм только по сформированному ансамблю совпадающих измерений на основе одной временной последовательности, что, по нашему мнению, нивелирует многие важные проявления в эксперименте, снижает ценность результатов обработки. Если время измерений показателя у разных людей различно, то прямое сопоставление этих материалов невозможно. Вместе с тем известны методы предварительного сглаживания, аппроксимации, в том числе гармоническим рядом. Известны также статистические приемы оценки совпадающих по времени показателей. Однако обоснование статистического анализа хронограмм биоритмов с несовпадающими измерениями в литературе не освещено. Этот пробел восстановлен нами в данном разделе работы.

Теоретическое значение возможности компоновки ансамбля из хронограммы состоит в выявлении и развитии новых представлений о работе механизмов циркадной физиологической ритмики, развитии методов статистического исследования таких процессов,

как ЭЭГ, и других, определяемых лишь одной реализацией и постановкой новых интересных задач в прикладной математике.

Для примера возьмем отрезок записи ЭЭГ. Вычислим энергетический спектр ЭЭГ, в результате получим выражение, являющееся оценкой спектра в виде одной реализации, о достоверности изменений которой сказать ничего нельзя. Воспользуемся изложенной выше возможностью формирования измерений. С этой целью для процесса $u(t)$ ограничим спектр до верхней частоты ω_l, находим по ней шаг сканирования Δt, выбираем k — 1-реализацией следующим образом:

1) $u(\Delta t)$, $u(k\cdot\Delta t)$, $u(2k\cdot\Delta t)$, . . ., $u(nk\cdot\Delta t)$,

2) $u(2\cdot\Delta t)$, $u(k\cdot\Delta t+\Delta t)$, $u(2k\cdot\Delta t+\Delta t)$,. . ., $u(nk\Delta t+\Delta t)$,

3) $u(3\cdot\Delta t)$, $u(k\cdot\Delta t+2\Delta t)$, $u(2k\cdot\Delta t+2\Delta t)$, . . ., $u(nk\cdot\Delta t+$
$+2\Delta t)$,

$k-1)$ $u[(k-1)\Delta t]$, $u[(2k-1)\Delta t]$, $u[(3k-1)\Delta t]$, . . .
. . ., $u[(nk-1)\Delta t]$.

Таким образом, измерения сформированы в ансамбль реализаций, позволяющий статистически оценивать параметры гармоники на отрезке ЭЭГ в интервале периодов $(T,\ 2k\cdot\Delta t)$. где T — длительность наблюдения отрезка.

Доказательством сходимости реальной оценки математического ожидания к истинному значению будет асимптотическое уменьшение среднеквадратической ошибки

$$\sigma=\lim_{k\to\infty}\frac{S}{\sqrt{k-1}}=0,$$

где S — стандартное отклонение k — 1-реализацией от среднего гипотетического значения ритма в ЭЭГ с периодом $T_{\text{var}}\in(T,\ 2k\cdot\Delta t)$. Таким же образом мы получаем возможность развивать методы статистической оценки и других физиологических показателей, заданных на интервале однократно. Важность установления возможности формирований ансамблей определяется тем, что в большинстве экспериментальных исследований в физиологии запись того или иного показателя неповторима и в принципе не может быть воспроизведена вторично в силу необратимости хода жизненных процессов в организме. Всякая попытка ради статистики дополнить эксперимент, а затем провести его усреднение, приводит к потере наиболее важных деталей на хронограммах. Так, на рис. 28 демонстрируется несоответствие между двумя различными закономерностями на одной и той же хронограмме в зависимости от начальной фазы квантования гипотетического биоритма. Этим показано, что тонкая статистическая оценка материала на основе формирования измерений из одной записи может оказаться более перспективной, нежели статистическая оценка путем выполнения дополнительных, подчас неповторимых исследований и затем грубое усреднение их результатов.

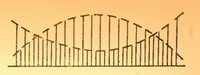


Рис. 28. Несоответствие закономерностей на хронограмме в зависимости от фазы квантования гипотетического биоритма. Схема.

По оси ординат — измерения гипотетического биоритма со смещенным и несмещенным шагом квантования.

Перспективность формирования относится не только к электроэнцефалографии, но и к другим методам физиологии, в которых исследуются непрерывно кривые на основе однократной записи.

На рис. 29 схематически (слева) показано, как происходит формирование измерений в ансамбль, откуда видно, что исходную хронограмму измерений u_1, u_2, u_3, ..., с шагом квантования Δt (внизу) можно сформировать в ансамбль k разных реализаций, причем каждая с измерениями u_1, u_2, ... соответственно. Шаг сканирования новых реализаций изменится на $T_{\min}$. На этом же рисунке (справа) показан результат формирования. Если исходная хронограмма может быть представлена косиноровым телом со срезами T, $T/2$, ..., ($>2\Delta t$), то ансамбль k-реализаций, сформированный из хронограмм, будет иметь усеченное косинорово тело со срезами T, $T/2$, . . ., ($>2T_{\min}$). Из подписи к рисунку видно, что в обследованиях (в серии А) за счет формирования измерений в ансамбль мы теряем на косиноровом теле участок спектра синусоид, кратный 24 ч в диапазоне от 200 мин до 10 мин, но при этой потере приобретаем в $\sqrt{k} = \sqrt{10}$ раз выше точность оценки оставшихся синусоид косинорова тела.

Под компоновкой структуры будем понимать прием, позволяющий наиболее полно учесть измерения хронограммы для построения косинорова тела и анализа формы волны исследуемого ритма. Условия для компоновки следующие. Имеется временной ряд с неравноотстоящими измерениями:

$u_1, u_2, \ldots, u_m$, в моменты времени

$t_1, t_2, \ldots, t_m$ соответственно заданный на интервале $t \in (0, T)$.

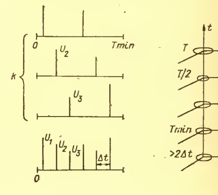


Рис. 29. Формирование измерений u_1 u_2, ..., в ансамбль k-реализаций путем их специального разделения на хронограмме. Схема.

T — 48 ч, $T_{\min}$ — 100 мин, k — 10 человек, Δt — 5 мин. Слева — ансамбль из k-хронограмм, полученный на основе единственной реализации (внизу). Справа — условное изображение эллипсов косинорова тела, которые ограничивают его длину при данном формировании. Остальные объяснения в тексте.

В ряду всегда можно выделить хотя бы один максимальный временной 1) интервал $\Delta t_{\max}$ между парой рядом стоящих измерений, 2) интервал (t_i, t_j), на котором минимально сближены равноотстоящие измерения, 3) интервал $(0, T)$, который, как предполагается, есть период повторения временного ряда с полосовым энергетическим спектром, ограниченным на верхней частоте $\omega_в$.

При этих условиях первый интервал позволяет установить наибольшую частоту для корректной оценки частичной суммы на участке $(0, T)$, второй — углубить детали формы основной гармоники на участке (t_i, t_j), третий — гарантирует корректность в обнаружении биоритмов. Правило, обеспечивающее компоновку структуры, состоит в выборе максимального расстояния между парой измерений, т. е. величины

$$\Delta t_{\max} = \max \{u_1 + T - u_m, u_2 - u_1, u_3 - u_2, \ldots, u_m - u_{m-1}\},$$

на основании которой устанавливается промежуточная верхняя граница частотного спектра $\omega_в$. В этом случае последовательность гармоник периода

$$T, T/2, T/3, T/4, \ldots, T/k, \ldots, (<2\Delta t_{\max})$$

является основой для определения частичной суммы ряда на интервале $(0, T)$. Затем выбираем участок (t_i, i_j) с минимально равноотстоящими измерениями. Если $\Delta t_{\max}$ — шаг сканирования, то последовательность всех гармоник, удовлетворяющих условию

$$T, T/2, T/3, \ldots,$$

является основой для полного определения частичной суммы ряда на интервале (t_i, t_j).

Таким образом, все множества экспериментальных данных (т. е. ансамбля хронограмм, отдельные хронограммы, участки хронограмм и т. д.) с неравноотстоящими измерениями путем наложения определенных выше условий и приложения правила допускают детализированную корректную обработку формы волны биоритма. Это происходит без существенных потерь в точности детализации за счет отсутствия равноотстоящих измерений на $(0, T)$ и без потерь времени на обработку за счет избыточности неравноотстоящих.

Обоснованность выдвигаемых условий компоновки следует из очевидных утверждений о допустимости представлений всякого множества измерений физиологических показателей ансамблем временных рядов, а обоснованность условий, налагаемых на произвольный временной ряд ансамбля, справедлива для ансамбля рядов в целом.

1) Если непрерывный процесс с ограниченным спектром частот до $\omega_в$ полностью задается временным рядом с шагом сканирования Δt, то восстановление процесса по ряду с шагом, не

превышающим Δt, в случае неравноотстоящих значений ухудшить качество процесса не может. Действительно, пусть внесена ошибка путем недостающего равноотстоящего измерения t_i. Тогда в силу существования ближайших t_1 и t_2 и условия, что

$$|t_i - t_1| \leqslant \Delta t_{\max},$$
$$|t_i - t_2| \leqslant \Delta t_{\max},$$

переместим сканирование процесса соответственно в точку t_1, затем t_2. Тогда ошибка в результате обоих перемещений отсутствует в силу выполнения условий следствия, во всяком случае, на интервале:

$$|t_1 - t_2| \leqslant t_{\max},$$

а это противоречит допущению о наличии ошибки, что и требовалось показать. Следовательно, выбирая $\Delta t_{\max}$ как основу для сканирования, мы вправе утверждать, что неравноотстоящий ряд с $\Delta t_{\max}$ имитируем равноотстоящим с $\Delta t_{\max}$ в виде частичной суммы ряда с точностью, определяемой верхней гармоникой с периодом $2\Delta t_{\max}$.

2) Если на интервале (t_i, t_j) минимально сближаем равноотстоящие измерения, то, применяя положение 1) к шагу сканирования $\Delta t_{\min}$ на этом интервале и принимая во внимание k-гармоник в частичной сумме ряда, полученных на интервале $(0, T)$, будем иметь:

$$(T,\ T/2,\ T/3, \ldots,\ T/k) < 2\Delta t_{\max},$$
$$T/(k+1),\ T/(k+2), \ldots,\ T/(k+g) < 2\Delta t_{\min}$$

для интервала (t_1, t_2). Таким образом, в результате получим, что на интервале минимально сближенных равноотстоящих измерений допускается конкретизация путем добавления частых гармоник.

3) Пусть интервал $(0, T)$ не есть период повторения временного ряда. В этом случае при гармонической интерполяции временного ряда с помощью метода наименьших квадратов наилучшим образом подберем такую частичную сумму, что в момент T произойдет разрыв I рода, так как в этот момент процесс частичной суммы должен повторяться, не завершив полного цикла. Поэтому период повторения временного ряда и время наблюдения обязательно должны совпадать, а требование на ограничение энергетического спектра верхней частотой $\omega_в$ вызвано условиями следствия теоремы В. А. Котельникова. Таким образом, условия и правило компоновки обоснованы полностью.

Воспроизводимость результатов структуры биоритма при выполнении условий компоновки выявлена, например, в эксперименте В. М. Клейнер после проведенной нами обработки наблюдений и состоит в сдвигах 12-часовой синусоиды температуры тела

[Емельянов, 1976; рис. 13, 15, 16, 18—20] и частоты пульса в обследованиях группы людей при умеренной гипокинезии. Воспроизводимость свидетельствует о локальном характере детализированных изменений формы волны биоритма только в дневное время на основе дневных измерений, причем локальность не может быть использована для прогнозирования детализации формы волны в ночное время.

Достоверность результатов при выполнении условий компоновки не только вытекает из приведенного теоретического обоснования, но и подтверждается экспериментально. Так, на примере суточной температуры тела результаты статистической обработки ансамблей с неравноотстоящими значениями обнаруживают одинаковые свойства и практически совпадают (уровень значимости H_0 составляет 0,05) для T 24-часовой синусоиды. Совпадают показатели 24-часовой синусоиды с тем же уровнем значимости ансамблей равноотстоящих и неравноотстоящих, исключая эллипсы, пересекающие точку начала координат — измерений пульса. Таким образом, у разных групп людей при использовании равно- и разноотстоящих измерений получены идентичные результаты в доверительном интервале 0,95.

Основное отличие в предлагаемых условиях компоновки от известных приемов подготовки к анализу неравноотстоящих измерений [Коняев, 1973] состоит в простом, практичном и корректном решении вопроса анализа формы волны по данным хронограммы, исключая ошибку, вызванную неосторожным прогнозом. В литературе подробно описаны [Уиттекер, Робинсон, 1935] приемы интерполяции неравноотстоящими значениями полиномов и тригонометрических рядов. Однако они предполагают априорное знание структуры.

Корректность нашего решения вопроса состоит в том, что раскрытие структуры биоритма мы формулируем как первоочередную задачу анализа хронограммы. Практичность предлагаемого решения обеспечивается благодаря последовательности выполнения операций упорядочения множества и нахождения компактной оценки частичной суммы ряда. В результате упорядочения оцениваем исследуемую структуру биоритма k-компонентами, а результат оценки — всего (и всегда) $2k$ чисел. Вместе с тем ближайшая по решению нашей задачи формула гармонической интерполяции при неравноотстоящих значениях восстанавливает реализацию в виде мгновенных значений, что требует в дальнейшем дополнительных операций по представлению ее частичной суммой ряда. Отсюда следует, что предложенные условия компоновки, помимо корректности и практичности, обладают ценным свойством простоты, не требуют громоздких расчетов.

2.4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОРМЫ ВОЛНЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ХРОНОГРАММ. УРОВНИ ВЫЯВЛЕНИЯ СВОЙСТВ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ

Решение задачи анализа (рис. 30) состоит в последовательном осуществлении следующих основных приемов обработки хронограммы: формирования измерений в ансамбль, компоновки структуры биоритма, построения косинорова тела, построения имитационного тела, реконструкции биоритма.

Обоснование решения вытекает из следующих соображений. Так как произвольная форма волны может быть представленной гармоническим рядом, то основными показателями, подлежащими определению, при заданном периоде должны стать амплитуда и акрофаза, причем, каковы бы ни были реализации хронограмм, формирующие ансамбль, универсальность основных показателей должна оставаться неизменной. Средний уровень, очевидно, форму не характеризует и поэтому из рассмотрения исключен. Так как индивидуальные различия между синусоидами, вычисленными для каждой реализации, распределены нормально, то вполне допустима их оценка в заданном доверительном интервале с целью проверки H_0 о нулевом среднем значении гармоники, что решает задачу обнаружения, например, с помощью Косинор-анализа.

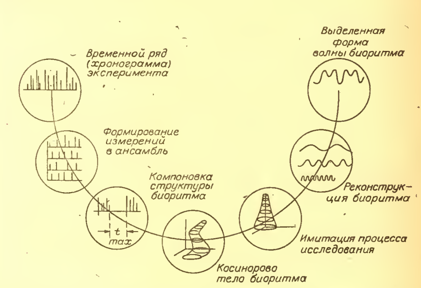


Рис. 30. Процесс анализа формы волны биоритма на основе исходных временных рядов. Схема.

Результат вычисления геометрически изображается в пространстве цилиндрической системы координат — амплитуда, акрофаза и период (апликата). Как видно, полученное косинорово тело всегда содержит сопоставимые характеристики и явно зависит от числа и времени, произведенных измерений на хронограммах, т. е. тем самым решает задачу измерения гипотетического биоритма.

Имитация процесса исследования биоритма методом математического моделирования ансамбля реализаций хронограмм с помощью ЭВМ позволяет осуществить сравнение результата обработки экспериментальных данных с результатом обработки процесса, в котором заведомо отсутствует биоритм, но сохранены остальные свойства. Сравнение позволяет решить задачу отождествления результата анализа ансамбля хронограмм гипотетически выявляемому биоритму, а показатели отдельных гармоник позволяют осуществить реконструкцию биоритма.

Ансамбль хронограмм для построения косинорова тела может содержать разноотстоящие измерения, поэтому необходимо прежде выяснить рассмотренные выше условия компоновки структуры биоритма. Наконец, измерения отдельных хронограмм могут не совпадать по времени или быть представленными одной хронограммой. Поэтому вначале целесообразно установить возможность формирования измерений в ансамбль путем их разделения на хронограмме, так же, как и условия компоновки, рассмотренные выше. Таким образом, обосновано полностью решение задачи обнаружения, измерения и отождествления биоритмов из хронограмм на основе последовательного формирования измерений в ансамбль компоновки структуры биоритма, построения косиноровых тел, имитации процесса исследования и реконструкции косиноровых тел, имитации процесса исследования и реконструкции биоритмов.

Воспроизводимость результатов анализа формы волны всецело определяется промежуточными результатами, получаемыми в процессе основных приемов обработки. Воспроизводимость формировавия, компоновки и имитации показана отдельно.

Воспроизводимость результатов построения косинорова тела теоретически следует: во-первых, из утверждения о том, что всякая реальная хронограмма может быть аппроксимирована только одной гармоникой с периодом, определенным в полуоткрытой области ($2\Delta t$, T), где Δt — шаг квантования хронограммы, T — время наблюдения; во-вторых, контур эллипса среднеквадратических ошибок является квантилем $F_{2,n-2}(\alpha)$ распределения, если распределение мгновенных отклонений хронограмм от синусоид — гауссовское. Экспериментально воспроизводимость результатов построения косиноровых тел на основе разных ансамблей хорошо подтверждается [Емельянов, 1976; рис. 10—14, 17, 18, 29, 30].

Воспроизводимость результатов реконструкции биоритма доказывается утверждением, что реальная хронограмма может быть

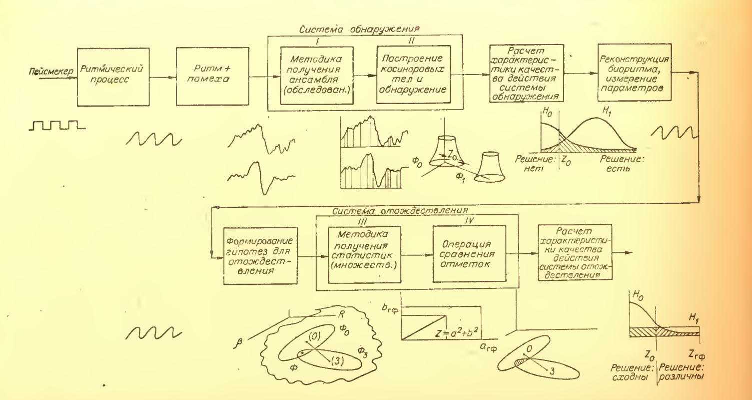


Рис. 31. Различие уровней выявления свойств биоритмов.

В блоках обозначены названия операций. Первый блок — объект исследования, остальные — метод анализа и моделирования. Между блоками в виде рисунков изображен промежуточный результат.

Показатели качества функционирования систем анализа на уровнях I—IV существова

Вероятности всевозможных событий, связанных с вынесением правильных биорит

Система обнаружения					
I. Функционирование методики получения ансамбля. Идентификация модели (ансамбль) объекту (гармоника)			II. Функционирование метода построения коспноровых тел Обнаружение		
Априори	Ансамбль биоритм отражать		Априори	Гармоника	
	способен ($P_{сб}$)	не способен ($1 - P_{сб}$)		есть ($P_б$)	нет ($1 - P_б$)
	(1)			(2)	
Решение: способен	$1 - P_{проп\ о}$	$P_{лто}$	Решение: нет	$\overline{F}_0$	$\overline{D}_0$
Решение: не способен	$P_{проп\ о}$	$1 - P$	Решение: да	F_0	D_0

Примечание. $P_{сб}$ — априори вероятность осуществления события: анность осуществления события ; гармоника биоритма обнаруживается (б); $P_{ст}$— априори вет в системе отождествления (т); $P_т$ — априори вероятность осуществления события:

аппроксимирована на $(0, T)$ только одной частичной суммой гармонического ряда, причем эта сумма будет наилучшим образом (в смысле наименьшей среднеквадратической ошибки) приближаться к хронограмме. Экспериментально воспроизводимость результатов реконструкции подтверждается.

Таким образом, результаты после осуществления всех остальных приемов обработки хронограммы воспроизводимы полностью. Достоверность результатов анализа формы волны биоритма во всех случаях рассчитывается нами теоретически из принятого 95%-ного доверительного интервала для каждой гармоники. Экспериментально контур 95%-ного доверительного интервала имитирован на ЭВМ. Результаты показывают хорошее совпадение теории и эксперимента как для переменного, так и для фиксированного периода.

Основное отличие требований ко входной информации состоит в том, что, как указывалось, хронограммы могут быть непрерывными, дискретными и непрерывно-дискретными, как с одинаковым, так и с разным шагом сканирования у разных реализаций. Шаг может быть переменным. Измерения у разных реализаций по времени могут не совпадать. Реализации могут быть по

Таблица 16

выявления свойств биоритмов, характеризующие численно достоверность ния уровней.
или ошибочных решений как при обнаружении, так и при отождествлении мов

Система отождествления					
III. Функционирование методики получения статистики, т. е. функционирование системы. I, II при запросе. Отождествление			IV. Функционирование метода сравнения измерений — отметок (решение по отметкам на пороговых устройствах). Опознание		
Априори	Методика, ответ		Априори	Гармоника	
	допускает ($P_{ст}$)	не допускает $(1 - P_{ст})$		синфазна $(P_т)$	не синфазна $(1 - P_т)$
	(3)			(4)	
Решение: допускает	$1 - P_{проп\ з}$	$P_{лтз}$	Решение: синфазность	$\overline{F}$	$\overline{D}$
Решение: не допускает	$P_{проп\ з}$	$1 - P_{лтз}$	Решение: не синфазность	F	D

самбль способен (с) отражать биоритм в системе обнаружения (б); $P_б$ — априори вероят-вероятность осуществления события: методика способна (с) допускать правильный от-гармоника биоритма отождествляется (т), т. е. измерение акрофазы синфазно источнику.

длительности как одинаковыми, так и разными. Количество сравниваемых реализаций может быть различным.

Основное отличие предлагаемого метода анализа формы волны биоритма от методов анализа биоритмов, описанных в литературе, состоит в том, что получение статистической оценки математического ожидания основано на сочетании Косинор-анализа с разложением хронограмм в гармонический ряд и последующей имитацией процесса анализа их на ЭВМ.

Введем теперь следующее определение. Под уровнем выявления свойств физиологических ритмов будем понимать систему событий, происходящих в операции исследования ритма (рис. 31), вызванную одним из независимых факторов: методическим (I), построением косинорових тел (II), начальными условиями (III), решающим правилом (IV). Таким образом, выделяем четыре уровня (табл. 16).

Методический фактор состоит в преобразовании непрерывной реализации в дискретную на конечном интервале, и в связи с этим возможен класс ошибок. Этот класс характеризуется обнаружением априори необнаружимых гармоник и необнаружением априори обнаруживаемых [Закс, 1975].

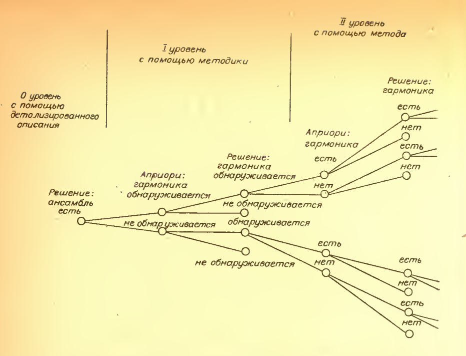


Рис. 32. Дерево всевозможных событий, соответствующих разным уровням изучения физиологических ритмов.

Кружки — условное изображение событий, крайний слева — начальное событие. По мере перехода на более высокий уровень изучения (слева направо) количество последующих событий растет. Зона уровней условно разграничена вверху вертикальными чертами.

Фактор построения косиноровых тел основан на гауссовости стационарности и аддитивности помехи в реализации по отношении к ритму. Эти основания правомерны, однако, в массовом эксперименте, в сочетании со стандартом они могут оказаться источником ошибочных решений: 1) ритм есть, когда априори его нет и 2) ритма нет, когда априори он существует.

Начальные условия используются при моделировании процесса отождествления двух гармоник на основе измерения ансамбля. Они включают размеры строба и априорные вероятности, которые могут стать источником ошибочных решений; неотождествлением отождествляемых измерений и отождествлением неотождествляемых.

Решающее правило, по которому выносится решение о синфазности или несинфазности измерений двух ансамблей, позволяет осуществить выбор между двумя конкурирующими гипотезами. Каждая задается плотностью распределения вероятностей случайной величины, причем область задания ненулевых значений плотности у обеих гипотез совпадает. Совпадение приводит к возможности появления ошибочных решений: 1) гармоника рит-



ма синфазна, когда априори не синфазна, и 2) гармоника ритма не синфазна, когда априори синфазна.

Систему обнаружения и систему отождествления (рис. 32) определяют разные уровни обработки по задачам и алгоритму, выходу, входному воздействию. Задача системы обнаружения — выявить ритм из хронограммы, а системы отождествления — опознать синфазность пары обнаруженных ритмов. Выход системы обнаружения — косинорово тело, а системы отождествления — область пересечения двух эллипсов ошибок. Входное воздействие системы обнаружения — ансамбль непрерывных реализаций, содержащих биоритм, а системы отождествления — результаты построения косиноровых тел. Таким образом, пояснены различия между системой уровней I, II и III, IV.

Обоснуем различие уровней методики (I) и построения (II). Оба уровня, на которых возможны выявления свойств, различны по результату, входу и выходу уровневой системы, аналогичны различиям, показанным выше для систем обнаружения и отождествления. Источником неопределенности гипотез на уровне методики являются длина исследуемого интервала, количество измерений и расстояние между ними. Источником неопределенности гипотез на уровне построения является величина помехи в реализации, сопровождающей биоритм. Это означает, что, какой бы совершенный прием на уровне обработки не был, он не может исключить методическую ошибку, и, наоборот, полное исключение методической ошибки не исключает ошибку при обнаружении. Таким образом, различия на уровнях I и II установлены полностью.

Обоснуем различие уровней методики (III) и операции (IV). Оба уровня, на которых возможны выявления свойств, различны по результату, входу и выходу аналогично различиям, показанным для систем обнаружения и отождествления. Источником неопределенности гипотез на уровне методики (III) являются границы строба, т. е. условной зоны, в которой выполняются операция отождествления, подсчет вероятности результатов первичного и повторного обнаружения (результатов запроса). Источником неопределенности гипотез на уровне операции (IV) являются среднеквадратические ошибки обнаружения и запроса. Таким образом, различия на уровнях III и IV также установлены. Поясним обоснования конкретными примерами.

Если априори существование гармоники достоверно (Вер-1), но неизвестно, достаточен ли объем ансамбля для ее обнаружения, то задача обнаружения решается на уровне I. Если априори существование гармоники (Ф) и ее измерений (0) известно, причем на стробе отождествления существует одна и только одна гармоника со своим единственным измерением и существует еще одно измерение (3), но неизвестно, измерение (3) порождается источником Ф или другим источником, то задача отождествления по отметкам 0 и 3 всецело решается на уровне III.

Если априори известно, что ансамбль способен отражать биоритм, но неизвестно, есть гармоника или нет, то задача обнаружения гармоники всецело решается на уровне II. Если априори известно, что измерение в результате запроса (3) существует всегда для измерения, связанного с обнаружением (0) при наличии синфазности (или совпадения) их генеральных средних, но неизвестно, существует ли в действительности синфазность, то задача отождествления по отметкам 0 и 3 всецело решается на уровне IV.

Воспроизводимость уровней выявления свойств физиологических ритмов доказывается очевидной воспроизводимостью следующих операций в последовательности своей, определяющих качественно различные уровни выявления свойств ритма:

I. Методика получения ансамбля — I уровень:

1) выбор длины интервала исследования (первая операция);
2) сканирование;
3) компоновка ансамбля из n реализаций;
4) расчет количества гармоник.

II. Построение косинорових тел — II уровень:

1) расчет эллипсов ошибок (минимизация по всем параметрам гармоник или, в частности, многократно применяемый Косинор-анализ для разных гармоник);
2) операция пространственного изображения косинорових тел или, в частности, построение отдельных параметров;
3) операция обнаружения гармоник (вынесение решения: есть, нет) с помощью решающего правила «интеллекта», «автомата».

III. Методика получения статистики — III уровень:

1) повторение всех операций в системе обнаружения для запрашиваемых реализаций;
2) формирование границ обнаружения, массивов отметок первичного обнаружения, отметок вторичного обнаружения (на запрос) в стробе;
3) формирование вероятностного характера границ, значений ошибок;
4) имитирование среды и хода эксперимента;
5) расчет статистики и границ в стробе отождествления.

IV. Вынесение решения для пары: гармоники синфазны, не синфазны с помощью решающего правила, которым пользуется исследователь (интеллект), а также с помощью решающего правила, которое гарантирует минимум ошибок (автомат),— IV уровень.

Таким образом, осуществляя реальный ход эксперимента по результатам исследования операций, полностью воспроизводим все уровни выявления свойств биоритма.

Достоверность существования уровней выявления свойств биоритма характеризуется численно показателями качества функционирования (см. табл. 16). Из таблицы видно, что вероятности правильных и ошибочных решений внутри каждого уровня взаимосвязаны, а между уровнями независимы. Численно значения $P_{\text{лто}}$, $P_{\text{проп о}}$, F_0, $\bar{D}_0$, $P_{\text{лтз}}$, $P_{\text{проп з}}$, F, $\bar{D}$, могут быть от 0 до 1 каждое, а все вместе строго определяют качество систем обнаружения и отождествления. Так, вероятность осуществления правильных решений на уровнях I—IV соответственно составит:

$$P_{\text{I}} = (1 - P_{\text{проп о}})P_{\text{сб}} + (1 - P_{\text{лто}})(1 - P_{\text{сб}}),$$

$$P_{\text{II}} = \bar{F}_0 P_{\text{б}} + D_0(1 - P_{\text{б}}),$$

$$P_{\text{III}} = (1 - P_{\text{проп з}})P_{\text{ст}} + (1 - P_{\text{лтз}})(1 - P_{\text{ст}}),$$

$$P_{\text{IV}} = \bar{F} \cdot P_{\text{т}} + D(1 - P_{\text{т}}),$$

значения которых также могут быть в пределах от 0 до 1. Таким образом, из достоверности существования уровней доказана воз-

можность появления факторов, определяющих их с вероятностью от 0 до 1. Практические расчеты для данного исследования выполнены с помощью программы 1 Приложения. Окончательные результаты сведены в таблицу [Емельянов, 1976, табл. 4]. Все числовые значения вероятностей ошибок не превышают уровня значимости (0,05) и вместе с тем свидетельствуют о достоверности существования уровней в настоящем исследовании.

Решения по результатам сравнения биоритмов в п. 1.1 до сих пор были описаны как комбинации двух предполагаемых случаев: 1) средние реализации биоритмов непрерывны и строго детерминированы; 2) средние реализации случайно изменяются только в моменты измерений.

Эти два случая в действительности места не имеют, но могут оказаться моделью, пригодной для исследования свойств биоритмов, если модель будет исследована системой обнаружения и системой отождествления. Установленная здесь возможность такого исследования определяет практическую ценность уровней выявления групповых свойств физиологического ритма, замаскированного индивидуальной изменчивостью на хронограммах.

2.5. МОДЕЛЬ КОНКУРИРУЮЩЕЙ ГИПОТЕЗЫ В ЗАДАЧАХ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ

Возможно следующее ошибочное решение: ансамбли хронограмм принадлежат одному биоритму, когда априори они являются выборками из двух разных. Поэтому возникает потребность оценить вероятность ошибочного решения при наличии альтернативной гипотезы H_1.

Модель гипотезы H_1 представляет собой равномерно распределенную случайную величину на стробе, границы которого — тоже случайная величина, равномерно распределенная до известного нормированного значения. Модель имитирует на ЭВМ априори неизвестное, произвольно взаимно возможное расположение гипотетических фактических значений гармоник при их отождествлении и служит для расчета вероятностей ошибок при отождествлении, т. е. решений о сходстве гармоник при их априорном различии (гармоники однопериодные!).

Обоснованность такого подхода вытекает из возможностей методов статистического моделирования [Ермаков, Михайлов, 1976; Гренандер, Фрайбергер, 1978].

Построение модели альтернативной гипотезы H_1 основано на знании координат фактического значения биоритма, около которого рассеяны отдельные измерения (например, результат построения косинорових тел) с гауссовской ошибкой. Существенным дополнением к построению в силу априорного незнания фактического значения (его как раз и требуется оценить по результатам анализа) является моделирование фактического значения

координат биоритма как случайной двумерной величины с равновероятным законом распределения на нормированном стробе $c_{гф}$, $\alpha_{гф}$, где

$$c_{гф} = \frac{\max (R_o - R_з)}{\sqrt{(\Delta R_o)^2 + (\Delta R_з)^2}},$$

$$d_{гф} = \frac{\max (\beta_o - \beta_з)}{\sqrt{(\Delta\beta_o)^2 + (\Delta\beta_з)^2}}.$$

Здесь R_o — измерение по абсциссе x гармоники первого ансамбля (обнаружение); $R_з$ — измерение по абсциссе x гармоники второго ансамбля (запрос); β_o — измерение по ординате y гармоники первого ансамбля (обнаружение); $\beta_з$ — измерение по ординате y гармоники второго ансамбля (запрос); ΔR_o, $\Delta\beta_o$, $\Delta R_з$, $\Delta\beta_з$ — среднеквадратические ошибки по измерениям R_o, β_o, $R_з$, $\beta_з$ соответственно.

Так как границы строба $a_{гф}$, $b_{гф}$ также неизвестны априорно, то предполагается их равномерное распределение в сфере

$$0 \leqslant \sqrt{z_{гф}} \leqslant R,$$

где

$$z_{гф} = a_{гф}^2 + b_{гф}^2.$$

Здесь неизвестно значение R, но оно представляет собой максимально допустимое фактическое значение биоритма, в пределах которого можно выставлять границы строба.

Воспроизводимость результатов модели конкурирующей гипотезы H_1 доказывается специальными построениями с подробными схемами [Емельянов, 1976, рис. 6], программа 1 в Приложении.

Достоверность результатов работы модели определяется окончательными расчетами ошибок всей системы «экспресс-анализа» при неслучайных границах строба. Наиболее близким результатом к построению модели конкурирующей гипотезы H_1 следует считать модель Косинор-анализа, на которой происходит проверка гипотезы H_0 об отсутствии фактических значений гармоники. Результат Косинор-анализа в рамках гипотезы H_0 можно интерпретировать как попадание точки начала координат во внутрь эллипса ошибок или, наоборот, как попадание точки центра эллипса в точку начала координат, причем последняя является центром для эллипса ошибок с параллельным переносом координат его контура (модель гипотезы H_0).

Модель гипотезы H_0 априори вложена в метод Косинор-анализа, и мы можем этот факт учитывать при установлении последующих отличий нашего метода.

Основные отличия модели конкурирующей гипотезы H_1 от модели гипотезы H_0 Косинор-анализа состоят в их различной конструкции, назначении и области применения. Гипотеза H_0 предназначена для проверки отсутствия сигнала, а гипотеза H_1 —

для проверки его наличия. Рассматриваемая гипотеза H_0 Косинор-анализа служит для задач обнаружения гармоники, а модель гипотезы H_1 — для задач отождествления обнаруженных гармоник.

Теоретическое значение построения модели гипотезы H_1 состоит в принципиальной возможности исследования априори неизвестных значений биоритмов путем математического моделирования на ЭВМ свойств неизвестности. Имитатором неизвестности служит случайная величина, принимающая равную вероятность в любой точке исследуемого циферблата. Этот подход позволяет устанавливать не только различие, но и сходство биоритмов, что важно при их сравнении.

*

* *

Таким образом, в результате теоретического и экспериментального обоснования подходов к анализу структуры физиологических ритмов подмечена способность к отсчету интервалов-делителей времени у разных систем на основе показателя суточного физиологического ритма. Зафиксированы изменения синфазности 24-часовой синусоиды температуры тела, частоты пульса, артериального давления, мышечной силы и показателей внимания; выделены особенности постановки задач измерения синусоид суточного ритма по отношению к постановке задач их обнаружения. Отмечены несовершенство резонансного метода и пути устранения влияний неравноотстоящих измерений. Эти защищаемые нами положения позволяют говорить об изучении временной структуры физиологических ритмов как о комплексной проблеме, развитие которой происходит в разных аспектах — методологическом, физиологическом, феноменологическом, статистическом, вычислительном, и все они оказываются объединенными понятием формы волны как универсальной основы изучения структуры физиологического ритма.

Наиболее важные результаты защищаемых положений связаны с анализом тонкой структуры косинорова тела суточного физиологического ритма и моделированием случайности этой структуры при помощи «мифического единорога».

Тонкая структура косинорова тела исследовалась на примере показателя его температуры. Установлено, что, начиная с периода 6 ч, локальных максимумов амплитуды только два — в 12 ч и 24 ч. Это служит доказательством правильности ранее принятых решений о структуре ритма, в частности об обнаружении 24- и 12-часовых синусоид в суточном ритме температуры тела и об отсутствии в этом ритме 8- и 6-часовых. Выявлено сходство амплитуд синусоид с периодами 24—29 ч, образующих уплощенный локальный максимум, что подтверждается существованием циркадного ритма, в котором исследуется нами 24-часовая компонента.

При экстраполяции обнаружены синусоиды с периодом, превосходящим 48-часовой интервал наблюдения,— 53, 60, 72, 96, 120, 144, 168, 192 ч. По мере увеличения периода с 29 ч незначительное уменьшение амплитуд сменяется монотонным их увеличением до 192-часовой синусоиды. Полученные данные убеждают в том, что циркадная ритмика на хронограммах сильно зашумлена в основном неколебательными, апериодическими процессами. Отсюда следует, что рисунок суточной кривой в значительной мере получается искусственно за счет 24-часового «окна», на котором формируются экспериментальные измерения. Монотонность увеличения амплитуд убеждает в том, что природа медленной ритмики раскрывается в свойствах экстраполяции апериодической компоненты, возможно, вызванной изменением функционального состояния в период 48-часового обследования. При этом предпочтительной 3, 4, 5, 6-дневной или недельной цикличности выявить не удалось.

Выяснена принципиальная невозможность формирования экспериментально полученной структуры за счет шумоподобного процесса. Была построена математическая модель ансамбля «экспериментальных» хронограмм из полосы белого шума, которая визуально сходна с ансамблем хронограмм реального эксперимента (температура тела «мифического единорога»). В результате построения косинорова тела модели и сопоставления ее с телом эксперимента также обнаружено визуальное сходство формы и направленности эллипсов ошибок на 48-часовой синусоиде, т. е. на интервале временного «окна», совпадающем с интервалом исследований. Это свидетельствует о высокой степени приближения модели к эксперименту. Однако, в отличие от тела эксперимента, тело модели не содержало синусоид, что служит дополнительным подтверждением того, что наблюдаемые синусоиды в суточном ритме при обследовании никак не связаны с методическими артефактами. Сформулированное не случайно и воспроизводимо. Поставлен десятикратный эксперимент с разными конкретными данными на модели ЭВМ, в результате которого все десять раз по данным модели не удавалось выявить 48-часовой синусоиды, четко обнаруживаемой в условиях реального эксперимента. Таким образом, путем математического моделирования косиноровых тел на ЭВМ и сопоставления их с результатом эксперимента удалось подтвердить выдвинутые положения о синусоидах в структуре физиологических ритмов, которые не связаны с методическими артефактами, статистически-вероятностным характером исследований и шумоподобными флюктуациями экспериментальных данных.

Значение этих результатов состоит в том, что они позволяют сформулировать теоретическое положение о структуре, в частности, касающиеся самостоятельной роли синусоид в организме.

Как известно, напряжение при адаптации организма человека к условиям Севера вызывается комплексом экологических факторов, в их числе [Василевский и др., 1978] влияние социальных,

психологических, гигиенических, климатических, геофизических и других, включая гипокинезию и ношение спецодежды.

В картине адаптации человека на Крайнем Севере проявляются сложные изменения эндокринно-метаболических взаимоотношений, функциональной, временной и структурной организации жизнедеятельности; изменения в системе прооксиданты-антиоксиданты, способствующие развитию свободно-радикального окисления липидов. Это создает предпосылки для формирования качественно новой эндогенной обусловленности [Селье, 1977] состояния напряжения в высоких широтах.

Наши хронограммы суточных физиологических ритмов отражают различные стороны жизнедеятельности, и, конечно, все они далеко не обязательно должны быть связаны с адаптацией. В отличие от хронограмм, результат их анализа — синусоиды (гармоники) при увеличении интервала времени можно понимать как постепенное понижение возбудимости на интервал времени функционирования (раздражитель усиливается, а реакция не возрастает), т. е. адаптации к течению времени. Сдвиги в параметрах синусоид в результате обработки оказываются в тесной связи с понятием перестройки в структуре реакций, а исследование среднегруппового признака в структуре реакций основано на допущении гипотетического стереотипного элемента у каждого обследуемого. Это значит, что отклонение в параметрах есть отражение степени раздражимости на соответствующий гипотетический активный раздражитель внешней среды. Отсюда понижение изменения мы связываем с адаптацией на экологические факторы. Все это позволяет нам интерпретировать кратные синусоиды суточного ритма как отражение адаптаций организма на экологические факторы, действующие во времени, и на длительность интервала времени.

При использовании нами понятий фактора времени и пространства экологических факторов мы постулируем их неразрывность и особо подчеркиваем роль социальных условий как ведущую в динамике суточной физиологической ритмики у человека [Слоним, 1961; Ашофф, 1964; Aschoff, 1976; Aschoff, Wever, 1976].

Для того чтобы разработать способ исследования пространственно-временной структуры физиологических ритмов в процессе адаптации, установлена возможность формирования измерений в ансамбль реализацией путем их специального разделения. На хронограмме выяснены условия компоновки структуры исследуемого физиологического ритма, решена задача практического анализа формы волны физиологического процесса на основе хронограмм, определены уровни выявления свойств физиологических ритмов и построена модель конкурирующей гипотезы в задачах отождествления.

ГЛАВА 3

ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ГАРМОНИЧНОСТИ ХРОНОГРАММ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ

3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ВЫЯВЛЕНИЕ, ОПИСАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ГАРМОНИЧНОСТИ С ПОМОЩЬЮ КОСИНОРОВЫХ ТЕЛ И КОСИНОРОВЫХ ПЕЩЕР

Переезд в новые восточные районы страны, в частности Крайнего Севера, как указывалось выше, сопровождается сменой экологической (в том числе социальной) и временной среды, и в результате только этого мы естественным образом приходим к понятию эколого-временных адаптаций. Последние находят свое отражение, в частности, на измененных временных и пространственных параметрах суточного ритма различных физиологических и других показателей. При этом на хронограмме выявлены скрытые кратные синусоиды, но неясно их самостоятельное значение.

В п. 2.1 и 2.2 показано, что синусоиды как элементы структуры отражают способность организма к прецизионному отсчету времени на основе собственной циркадной ритмики. Обратим внимание на эофазию и эокимию обнаруженных синусоид (см. рис. 9, 16—26), а также на нарушение [Емельянов, 1976, табл. 4—8, № 1, 2; табл. 4—7, № 20а, 24а] порядка их взаиморасположения (табл. 7—4, № 17а—19а, 21а—23а, рис. 5). Это экспериментально доказывает, что синусоиды специально не генерируются организмом, и находит подтверждение в трудах Е. Е. Селькова [1971], В. Е. Соколова [1976], Ф. Брауна [1977].

Взяв за основу представления Ф. Хальберга [1964], А. Д. Слонима [1964] и К. И. Смирнова [1980], мы раскрываем значения гармоник в понятии периодичности [Ухтомский, 1951 (1928 г.)] как усвоение ритма на изменения среды, где физиологическая концепция [Введенский, 1886; Ухтомский, 1951 (1934 г.)] об интервале времени базируется на учете скорости проведения возбуждения в различных тканях, их изосинхронности или гетеросинхронности по отношению друг к другу [Lapicque, 1926], что определяет зависимость между отсчетом времени и гармоничностью физиологических ритмов. Синусоиды в этой зависимости с учетом определения категорий процессов — напряжения и адаптации [Казначеев, 1973, 1980] позволяют рассматривать длительность функционирования «осциллятора» как следствие понижения возбудимости физиологической системы к течению всевозрастающего времени (временная адаптация), что соответствует классическим представлениям И. М. Сеченова.

Тот факт, что еще И. М. Сеченов отводил большую роль в восприятии времени чувству слуха, базируясь на периодическом ха-

рактере звуковых волн, послужил основой для современного обобщающего представления о ритмических процессах в организме как счетчиках времени и о возможности отсчета времени по разным часам, идущим с различной скоростью [Медведев, 1979].

Воспроизводимость изменчивости параметров синусоид мы связываем с процессами адаптации к экологическим и социальным условиям [Василевский, 1973, 1976, 1979, 1984; Василевский, Трубачев, 1977; Баевский, 1972, 1977; Моисеева и др., 1975, 1978; Агаджанян, 1975], в том числе на основе интерпретации параметров циркадианных и ультрадианных ритмов как отражения процессов адаптации [Катинас, 1976; Быков, 1976; Рыжков, Вальцев, 1977; Катинас и др., 1974; Саркисов и др., 1975; Ляшко, 1975].

В процессе адаптации период синусоиды нами рассматривается как датчик интервалов времени в механизмах зондирования организмом внешней среды, что основано на представлениях Н. Н. Василевского [1976]. Дополнительный, устанавливаемый также нами признак — кратная цикличность. Значение кратной цикличности состоит в возможности зондирования путем точного деления временных интервалов, а это дает информацию о физиологической системе, о часовом, минутном, секундном ходе астрономического времени на основе суточного.

Кратную цикличность, которая устанавливается статистически из хронограмм и предположительно отражает экологические и временные адаптации, мы назвали **статистической гармоничностью хронограмм, отражающей эколого-временные адаптации**, или, короче, статистической гармоничностью эколого-временных адаптаций.

Под выявлением статистической гармоничности эколого-временных адаптаций на основе исследования формы волны суточного физиологического ритма понимаем последовательную постановку и решение задач обнаружения гармоничности, статистическую оценку ее параметров и отождествление их с аналогичными на предмет установления сходства или различий между параметрами.

Под описанием статистической гармоничности будем понимать одну из двух формализуемых процедур:

— изображение и сопоставление параметров отдельных гармоник у физиологических показателей суточного ритма;

— изображение и сопоставление реконструкций гипотетической формы волны суточного физиологического ритма путем образования частичной суммы гармонического ряда.

Под начальным этапом исследования статистической гармоничности будем понимать процедуру упорядоченности ее параметров.

Сущность защищаемого положения теперь состоит в том, что единый принцип анализа хронограмм на базе построения косиноровых тел и пещер в сочетании с методами математического моделирования является универсальной методологической основой выявления, описания и исследования статистической гармоничности.

Идея этого положения в наиболее общем виде была обоснована еще в работе М. Г. Серебренникова и А. А. Первозванского [1965]. Применительно к нашим задачам из определения косинорова тела

и косинорової пещеры следует, что обе фигуры строятся на единой гармонической основе, которая раскрыта в решении задачи практического анализа формы волны. Однако гармонический анализ определяет решение задач измерения косинорових тел и пещер, но не определяет решение задач их обнаружения, т. е. возможность реального существования тел и пещер при условии конкурентных гипотез как об их наличии, так и априорном отсутствии. Условие нами раскрыто при описании свойств физиологических ритмов. Практическое осуществление операций обнаружения статистической гармоничности, очевидно, возможно лишь путем выполненного моделирования в задаче отождествления. Таким образом, построение косинорових тел решает задачу измерения, а метод моделирования — задачу обнаружения статистической гармоничности.

Воспроизводимость доказанного положения в эксперименте иллюстрируется: 1) десятикратной повторяемостью правильного решения об отсутствии суточного ритма и имитацией индивидуальных различий в работе реального обнаружителя (см. рис. 13, модельный режим); 2) в режиме реальных данных [Емельянов, 1976; рис. 13—22] — экспериментальным подтверждением 24-часовых синусоид и обнаружением 12-часовых; 3) доказательством правильного обнаружения гармоник на основе спектра частот математического ожидания реального и модельного суточного ритма (см. рис. 10—12).

В основу нашей методологии положены следующие положения, выдвинутые Ф. Хальбергом [Halberg e. a., 1965]:

— Косинор-анализ для выявления 24-часовой синусоиды;

— предложение об использовании Косинор-анализа для обработки неравноотстоящих и несовпадающих измерений;

— предложение об использовании Косинор-анализа для выявления спектра, линейного по частоте, включая выделение «окон», когда периоды исследуемых синусоид повторяются через равные интервалы времени.

Эти положения наиболее тесно связаны с нашими последующими данными потому, что на их основе строится представление о новых гармониках суточного физиологического ритма и представление о «неизменчивой» компоненте формы волны. Вместе с тем в цитируемой выше работе нет методологических разработок, позволяющих строить экспериментально форму волны суточных физиологических ритмов, не затрагиваются вопросы программного обеспечения.

В дополнение к результатам Ф. Хальберга мы предлагаем методологию обнаружения, измерения и сравнения суточных физиологических ритмов с полным программным обеспечением анализа формы единичной волны.

Основная отличительная особенность этого подхода от результатов цитируемой работы состоит в том, что найдено сочетание метода математического моделирования с построением косинорових пещер и тел для выявления, описания и исследования статистической гармоничности и на примере отдельных физиологических по-

казателей продемонстрировано полное решение следующих двух методологических задач:

— практический анализ формы волны суточного физиологического гипотетического ритма на основе экспериментальных хронограмм;

— построение системы взаиморасположения ритмики физиологических показателей различных функциональных систем в организме, достигнутое благодаря включению в методологию следующих отличительных признаков:

1) построения анализатора для автоматического обнаружения, сравнения и опознания физиологических ритмов;

2) описания схемы математической имитации научного эксперимента по анализу хронограмм;

3) выявления основных особенностей технологии расчетов формы физиологических процессов.

3.2. АНАЛИЗАТОР ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ СРАВНЕНИЯ И ОПОЗНАНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ

Анализатор для автоматического обнаружения, сравнения и опознания биоритмов состоит из трех соответствующих блоков, в которых выполняются операции обнаружения, сравнения и опознания в режимах работы: 1) имитатор реального интеллекта, 2) искусственный интеллект.

Операция обнаружения в первом режиме осуществляется по следующему правилу. Если точка начала координат оказывается внутри эллипса ошибок, вычисленного на основании ансамбля хронограмм, то принимается решение — гармоники нет, в противном случае гармоника есть. Во втором режиме — по решающему правилу, описанному в п. 1.2, а именно, если на i-том испытании ($i = 1, 2, \ldots, M$) выполняется условие

$$z[i] \geqslant z_0[i],$$

то принимается решение — гармоника есть, если

$$z[i] \leqslant z_1[i],$$

то принимается решение — гармоники нет. Если

$$z_1[i] < z[i] < z_0[i],$$

то принимается решение — продолжить испытание. Если $i = M$, то принимается решение — гармоники нет.

Здесь: M — допустимое число испытания при обнаружении (опознании), $z = a^2 + b^2$ — суммируемая по $i = 1, 2, \ldots, m$ статистика (по результатам построения косинорова тела) на ω-гармонике,

$$a = \frac{R_0}{\Delta R_0},\ b = \frac{\beta_0}{\Delta\beta_0},$$

где R_0, β_0 — координаты центра эллипса (xl, yl), ΔR_0, $\Delta\beta_0$ —

среднеквадратические ошибки (гауссовские) значения выборочного среднего (S_x, S_y).

Операция сравнения в первом режиме осуществляется по следующему правилу. Производится «сортировка» расстояний между сравниваемыми отметками таким образом, чтобы суммарное расстояние оказалось наименьшим, т. е.

	о$_1$	о$_2$	о$_3$	о$_4$
з$_1$	l_{11}	l_{12}	l_{13}	l_{14}
з$_1$	l_{21}	l_{22}	l_{23}	l_{24},

чтобы в матрице всевозможных расстояний l_{ij} между отметкой о и отметкой з путем различных перестановок строк з и столбцов о след матрицы оказался минимальным. Решение по отождествляемости гармоник не выносится.

Операция опознания в первом режиме осуществляется так: если эллипсы ошибок о и з, подготовленные для отождествления операцией сравнения, пересекаются, то гармоники сходны, иначе — различны. Во втором режиме производится решение на основе сравнения порогов со статистикой. Если

$$z_0[i] \leqslant z[i],$$

то принимается решение — различны, если

$$z_1[i] \geqslant z[i],$$

то сходны, если

$$z_1[i] < z[i] < z_0[i],$$

то продолжить испытание.

Если $i = M$, то сходны.

Здесь M — допустимое число испытаний при опознании, $z = a^2 + b^2$ — суммируемая для $i = 1, \ldots, M$ статистика по результатам операции сравнения на III уровне выявления свойств биоритмов

$$a = \frac{R_о - R_з}{\sqrt{(\Delta R_о)^2 + (\Delta R_з)^2}}, \quad b = \frac{\beta_о - \beta_з}{\sqrt{(\Delta\beta_о)^2 - (\Delta\beta_з)^2}},$$

где $R_о$, $\beta_о$ — координаты (x_c, y_c) центра эллипса после обнаружения гармоники, $\Delta R_о$, $\Delta\beta_о$ — среднеквадратические гауссовы ошибки, (S_x, S_y) — значения выборочного среднего.

Пороги $z_1[1 = M]$ находятся по формуле, аналогичной обнаружению, где $a_{гф}$ и $b_{гф}$ — нормированные размеры строба, в котором производится отождествление (опознание);

$\overline{D}$ — допускаемая вероятность принятия ошибочного решения: гармоники сходны, когда на самом деле они различны.

Пороги $z_0[1 = M]$ находятся из трансцендентного уравнения по формуле, аналогичной обнаружению, где $F_{зад}$ — задаваемая вероятность принятия ошибочного решения: гармоники различны, когда на самом деле они сходны.

Обоснованность изложенных правил обнаружения, сравнения и опознания гармоник по хронограммам рассмотрим отдельно для каждого режима.

В первом режиме обоснованность алгоритма обнаружения вытекает из проверки простой гипотезы H_0 — гармоника отсутствует априори — с помощью контура эллипсов ошибок. Так как для оценки вероятности ошибки II рода необходимо знание координат фактического расположения гармоники, которые нам неизвестны, то гипотеза H_1 представляет собой плотность распределения вероятностей случайной величины, которая является суммой квадратов двух величин. Величины распределены на заданном стробе равновероятно и характеризуют двумерные координаты случайной величины фактической гармоники.

Обоснованность алгоритма сравнения вытекает из естественных соображений возможной близости отметок о и з, принадлежащих общему значению Ф, независимо от близости существования других отметок. Это соображение будет в отдельных случаях приводить к парадоксу, так как одна и та же отметка з может отождествляться многократно, сперва с отметкой $о_1$, потом с отметкой $о_2$, хотя является результатом запроса только для одного априори фактического значения, например, $Ф_4$ с отметкой обнаружения $о_4$. Однако статистически этот алгоритм обеспечивает наилучшее сближение отметок о и з при очередном (последовательном) отождествлении $о_1$, $о_2$,...

Обоснованность опознания вытекает из проверки простой гипотезы H_0 между отметками о и з с помощью контуров их эллипсов ошибок (уровень значимости H_0 — 0,05).

Обоснованием к подходу на второй режим служит необходимость повышения качества действия анализатора при автоматизации научного эксперимента. Второй режим позволяет установить теоретический предел оптимальной достижимости характеристик, которая важна при работе на первом режиме.

Во втором режиме обоснованность алгоритма обнаружения вытекает из стремления обеспечить вероятность ошибок в пределах $F_{зад}$ и $\overline{D}_{зад}$. Это приводит к необходимости повторений (многократных запросов) по обнаружению. Так как количество запросов конечно, то фактическая оценка $\overline{D} \geqslant \overline{D}_{зад}$. Формулы для получения порогов z_0 и z_1 при многократных запросах заимствованы из литературы [Хелстром, 1963].

Обоснованность алгоритма сравнения вытекает из простых соображений возможной близости отметок о и з, принадлежащих общему значению при их одновременном отождествлении.

Таким образом, для первого режима сравнение в случае множества пар осуществляется с одной статистикой последовательно, для второго — одновременно. Обоснованность алгоритма отождествления вытекает из стремления (как и при обнаружении) обеспечить $F_{зад}$ и $\overline{D}_{зад}$ — оценки отождествления. С этой целью использован аппарат теории обнаружения следующим образом: расстояние между отметками рассматривается как величина слу-

чайная (статистики). Обнаружение сигнала эквивалентно установленному различию, а необнаружение — сходству гармоник, т. е. выносится решение: существует только одна гармоника.

Воспроизводимость результатов в работе анализатора для автоматического обнаружения, сравнения и опознания биоритмов показана для обоих режимов.

Воспроизводимость результатов в работе первого режима, т. е. в диалоге человек — ЭВМ, осуществлена для обнаружения гармоник в программе [Емельянов, 1978, с. 198, 199]. Решение «гармоника обнаружена» печатается символом 1, после чего печатаются результаты измерения. Решение «гармоника не обнаружена» печатается символом 0 с пропуском печати измерения. Воспроизводимость первого режима для алгоритма сравнения (алгоритм В) [Емельянов, 1976, рис. 7—10, 13—22, табл. 4] осуществлена в программе 1 Приложения. Воспроизводимость первого режима для отождествления осуществлена при выявлении синфазности.

Воспроизводимость результатов второго режима для алгоритмов обнаружения (процедура КП), сравнения (алгоритм А), опознания (процедура ОП) осуществлена также в программе 1 Приложения.

Достоверность результатов в процессе функционирования анализатора рассмотрим в зависимости от режима. В первом режиме обнаружение характеризуется

$$F_0 = 0{,}05; \quad \overline{D}_0 = 0{,}01$$

(первая величина задана, вторая — вычислена). Сравнение, т. е. решение по правильности построения статистики при наличии запроса по множеству отметок плюс операция опознания, характеризуется:

$$F_0 = 0{,}01; \quad \overline{D}_0 = 0{,}05$$

(первая величина вычислена, вторая — задана).

Во втором режиме обнаружения (функционирование методики плюс метод построения косиноровых тел) характеризуются:

$$P_{\text{лт о}} = 0{,}025; \quad P_{\text{проп о}} = 10^{-6}$$

(обе величины заданы); сравнение (в части появления, непоявления 3) характеризуется:

$$P_{\text{лт з}} = \frac{0{,}01 + 0{,}01}{1{,}00} = 0{,}02; \; P_{\text{проп з}} = 0{,}002$$

(обе величины заданы); сравнение (способа построения статистики) плюс при отождествлении функционирование метода сравнения характеризуется:

$$AF = 0{,}021, \quad 0{,}017, \quad 0{,}021,$$

$$A\overline{D} = 0{,}015, \quad 0{,}016, \quad 0{,}018$$

при трехкратном моделировании решений по 1000 экспериментов.

Указанные характеристики качества действия в обоих режимах дают основание сделать заключение о том, что первый режим близок к оптимальному и позволяет тактически в планировании эксперимента уменьшить уровень значимости до 0,02 без большого ущерба на увеличение вероятности ошибки II рода (с 0,01 до 0,02).

Иное решение анализатора, которое имеет аналогично высокие выходные характеристики, предложено А. Г. Евдокимовым и А. Д. Тевяшовым [1977]. Однако еще более близкой анализаторной системой биоритмов, ранее известной и описанной в литературе, является Косинор-анализ. Эта анализаторная вычислительная система производит операции правильного необнаружения биоритмов с задаваемым уровнем значимости $F_{\text{зад}}$. Вместе с тем Косинор-анализ не производит операций обнаружения, отождествления и опознания, так как не дополнен конкурирующими гипотезами.

В отличие от алгоритма Косинор-анализа созданный анализатор дополнен стендом для имитации гипотез и решений по обнаружению, отождествлению, опознанию в условиях эксперимента и решающими правилами: 1) исследователя, 2) оптимизирующего автомата, а также программой 1 Приложения и исполнением всей схемы на базе ЭВМ, включая апробацию [Емельянов, 1976; рис. 5, 6, 9—11, 13—22; табл. 4] (см. рис. 5.9).

Теоретическое значение анализатора состоит в том, что с его помощью значительно углубляются представления о результатах обработки физиологических ритмов, раскрываются качественно новые формы анализа — отождествление, опознание, дополняются характеристики качества процедуры обнаружения биоритмов.

3.3. СХЕМА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ИМИТАЦИИ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО АНАЛИЗУ ХРОНОГРАММ

Необходимость в имитации научного эксперимента по анализу хронограмм возникла в связи с оценкой качества функционирования решающего правила о статистической принадлежности выборочных ансамблей хронограмм гипотетическому процессу в следующей постановке задачи.

Имеется ансамбль из n хронограмм. Каждая состоит из m пар измерений t_i, u_i ($i = 1, \ldots, m$). Измерения могут быть неравноотстоящие и несовпадающие по времени от реализации к реализации. Процесс, отражающий измерения,— случайный стационарный, в широком смысле гауссовский, неэргодический. Требуется практически: 1) восстановить непрерывность процесса, 2) построить статистическую оценку его математического ожидания, 3) оценить качество решающего правила о принадлежности ансамбля процессу.

В результате решения поставленной задачи на ЭВМ реализована схема имитации эксперимента (устройство для имитации), позволяющая практически оценить работу любого решающего правила.

Обоснованность правильности функционирования устройства вытекает из его схемы и правила функционирования [Емельянов, 1976, рис. 5—9, далее табл. 2, 3, рис. 1, 2]. Схема включает следующие этапы научного эксперимента: 1) ввод начальных условий, описание измерений ошибок фактических значений; 2) операции исследователя по вынесению решения; 3) счетчики для оценки качества действия решающего правила.

Рассмотрим правило функционирования устройства на первом этапе. Для статистического описания измерений производятся следующие операции: 1) определяются все гармоники частичной суммы гармонического ряда для ансамбля; 2) по заданной частоте гармоники для каждой хронограммы методом наименьших квадратов находятся средние значения амплитуды в акрофазе, последние рассматриваются как полярные координаты одного измерения двумерной гауссовской случайной величины; 3) по совокупности измерений устанавливаются среднее и эллипс равных вероятностей с уровнем значимости 0,05 последовательно для синусоид (см. рис. 10—12), включая гармоники.

В результате получим спектральную оценку математического ожидания гипотетического процесса. Эта оценка даст нам измерения и величину ошибки. Правило функционирования (см. программу 2 Приложения) на втором этапе состоит в «разыгрывании» четырех гипотетических процессов, по ним получают четыре измерения ($P_{\text{проп о}}$, $P_{\text{лт о}}$). Априори два из них при запросе на повторный эксперимент воспроизводимы, т. е. порождают два измерения ($P_{\text{проп з}}$, $P_{\text{лт з}}$), два — невоспроизводимы. Решающее правило рассматривали выше.

Помимо усеченной вальдовской процедуры использовали и другие варианты, рассмотренные нами отдельно, включающие одновременную сортировку отметок запроса и обнаружения. В конце подсчитывалось число неправильных решений о сходстве и различии. Обоснованность рассмотрения в модели объекта именно двух отметок (о и з), а не одной и не трех от одного гипотетического процесса-источника доказывается имитацией физиологического подхода: пара синхронизированных по времени измерений даже в разных опытах наводит на мысль о существовании гипотетического одного (синхронного) процесса.

Обоснованность рассмотрения конкурирующей гипотезы H_1, когда каждому измерению соответствует свой гипотетический процесс-источник, вытекает из общеизвестного постоянства гипотетической изменчивости показателей даже в пределах одного организма в разное время и у разных организмов в одно время. Обоснованность ввода в модель объекта пары различных гипотетических процессов общего свойства, например каждый порождает пару измерений — $о_1з_1$, $о_2з_2$, построена на учете сложной ситуа-

ции реального эксперимента, когда выводы по результатам правильного обнаружения, например $о_1$, неправильного отождествления, например $о_1з_2$, станут источником правильного заключения об обнаружении синхронизатора $Ф_1$ и т. д.

Возможность использования устройства в качестве системы для синтеза оптимального анализатора находит свое теоретическое и экспериментальное обоснование в широко известной теории и практике Л. А. Растригина по созданию алгоритмов систем управления на основе случайного поиска [Растригин, Сытенко, 1973; Растригин, Рипа, 1973; Растригин, 1974].

Обоснованность используемой нами статистической игры с вероятностным характером измерений, т. е. $P_{\text{проп о}}$, $P_{\text{проп з}}$, $P_{\text{лт о}}$, $P_{\text{лт з}}$ и т. д., доказывается тривиальным случаем экспериментальной практики, когда при окончательной проверке закономерности (в условиях полноты данных по одному показателю) неожиданно обнаруживается пропуск интересующих нас измерений, т. е. недостающие данные по другому показателю. Вывод тем не менее сделать необходимо и нужно рассчитать при этом качество вывода. Другой тривиальный случай, когда в целом в правильно отобранные данные ошибочно включены измерения, источником которых является не гипотетический интересующий процесс, а, например, методические и технические артефакты. Обоснованность вероятностного появления значений ошибки при получении измерений гипотетического процесса построена на 1) фактическом изменении ошибки в разных опытах в процессе их воспроизведения, 2) различных взаиморасположениях с разным углом наклона эллипсов ошибок.

Воспроизводимость качества работы устройства показана ранее [Емельянов, 1976, табл. 4]. Как видно, результаты трехкратной имитации одного и того же научного эксперимента достаточно воспроизводимы. Достоверность качества работы устройства целиком определяется оценкой вероятностных ошибок I и II рода.

Аналогичные результаты получены в работе А. А. Дмитриева и др. [1977]. Вместе с тем наиболее близкие результаты, полученные ранее при имитации,— это результаты теории обнаружения сигнала на фоне помех. Они позволяют решить задачу обнаружения при знании фактического расположения источника и условия не более двух разных источников на стробе [Хелстром, 1963].

Основное отличие нашего схемного решения в устройстве состоит в 1) наличии трех сменных блоков — модели объекта исследования, модели процесса проведения исследования с целью принятия решения, системы счетчиков для оценки качества действия решающего правила; 2) модели объекта — ввода вероятностных характеристик измеряемых процессов разного свойства, ввода вероятностного характера измерения величины ошибки, имитации координат фактического процесса в виде случайной величины; 3) модели процесса исследования — ввода «сортировки» и на ее основе разработке алгоритмов А, Б; 4) системе счетчиков — блок расчета среднего времени операции исследования.

В результате названных отличий с помощью устройства достигается решение новой задачи — отождествления множества фактических процессов и при условии априорной неопределенности координат.

3.4. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РАСЧЕТОВ ФОРМЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ВОЛН

Необходимость описания технологии расчетов по анализу формы физиологических волн возникла в связи с большим нестандартным объемом вычислительных операций с использованием АВМ, ЭВМ и ручного труда при изучении формы и была отмечена еще А. Сольбергером [Sollberger, 1970]. Отсутствие описания не только затрудняет проведение исследований, но может сделать исследование практически неосуществимым ввиду возникающей рутины цифр с ЭВМ, кривых с АВМ, разнообразных графиков, бумаг и журналов. В этих условиях применение АВМ и ЭВМ настолько усложняет ручной труд, что планируемое исследование оказывается невыполнимым. Описываемые ниже детали технологии позволяют производить широкий класс исследований по обнаружению и анализу биоритмов на основе хронограмм.

Особенность технологии расчетов состоит (рис. 33) в последовательном использовании регистрации и анализа Р-кривых на АВМ, расчета косиноровых тел, имитация научного исследования на АВМ.

Обоснованием правомочности принятого нами способа анализа Р-кривой на АВМ (см. рис. 4) служит исследованная возможность непрерывной регистрации Р-кривой как объекта для выявления статистических свойств, что привело к построению ансамбля решетчатых функций времени. Воспроизводимость результатов регистрации и анализа достигнута системой усовершенствованного расчета Р-кривой. Достоверность полученных результатов определяется свойствами упорядоченных записей Р-кривых в пространстве: 1) идентичности кривых при дублировании одной записи ЭЭГ на разных каналах (свойство техническое); 2) обнаруженным эффектом повторяемости паттерна Р-кривой на отдельных временных участках (свойство физиологическое). Вычисленная расчетным путем ошибка не превышала 0,05. Регистрация и анализ Р-кривой на АВМ производились и раньше [Емельянов, 1964], однако на интервалах не более двух минут.

В отличие от двухминутной регистрации в настоящем исследовании достигнута (путем усовершенствования методики) длительность регистрации до одного часа. Значение продолжительной регистрации состоит в выявлении нового свойства статистической гармоничности — существования кратных синусоид в Р-кривой на прерывающихся временных интервалах.

Обоснованием технологии расчета косиноровых тел служит однотипная сравнимая последовательность операций (наст. ис-

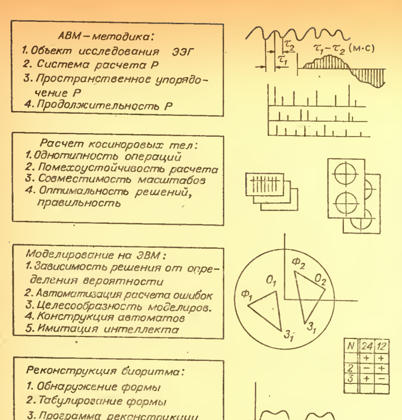


Рис. 33. Особенности технологии расчетов в комбинации с АВМ, ЭВМ и результатами ручного труда.

Слева в блоках — учет основных позиций, формирующих технологический процесс. Там же (условно)— результаты технологического процесса на входе и выходе каждого блока.

следование, см. табл. 5—8). Результаты расчета в последовательности оформляются специальными трафаретами, например [Емельянов, 1975; табл. $6 - k$, $k = 0{,}1, \ldots, 4$], что позволяет осуществить воспроизводимость технологии при обработке различных по объему материалов из разных источников. Достоверность функционирования технологии определена высокой помехоустойчивостью (1%) в расчетах, достигнутой введением незначительной избыточности, т. е. повторением ключевых результатов в разных таблицах, и оптимальной совместимостью масштабов эллипсов в задаче отождествления, которая мгновенно выявляется благодаря трафарету.

Табличный способ расчета широко применяется в физиологии биоритмов. Однако даже в случае использования Косинор-ана-

лиза, помимо получения пяти чисел конечного результата, необходим контроль значительного количества промежуточных результатов, который затрудняет обработку при построении косиноровых тел и не всегда эффективен.

Нами созданы серии ($k = 0,1, \ldots, 4$] трафаретов-таблиц, разработанных специально для осуществления контроля. Значение серии состоит в оптимальном обзоре правильности хода вычисления как при построении косиноровых тел, так и для Косинор-анализа.

Обоснованием принятой нами технологии имитации научного исследования на ЭВМ служит зависимость алгоритма решения от априорных вероятностей (см. программу 1 Приложения). Воспроизводимость результатов по названной технологии прослеживается при автоматическом расчете «хвостов» гипотез, т. е. вероятностей ошибок I и II рода. Достоверность расчетов оценок вероятностей определяется псевдослучайной последовательностью на ЭВМ. Она составляет 0,99, что обеспечивается целостным моделированием всего исследования, а не отдельных функциональных его участков.

Обоснованием технологии реконструкции гипотетического биоритма служит возможность обнаружения формы его волны путем отбора гармоник. Воспроизводимость результатов технологии основана на табулировании элементов формы (см. табл. 15). Достоверность результатов доказывается использованием разработанной нами специальной программы 3 в Приложении, реконструирующей биоритм. Вместе с тем технология реконструкции частичной суммы ряда Фурье известна и широко используется и для иллюстрации в исследованиях физики и техники.

В отличие от известных приемов технологии реконструкции частичной суммы ряда Фурье, предложенные табулирование и программа обеспечивают иллюстративность (см. рис. 16—26) реконструкции. Значение иллюстративности для исследования физиологических систем ритмов состоит в возможности наблюдений за динамикой конфигурации формы волны биоритма по мере добавления новых гармоник.

*

*   *

Таким образом, сформулированы основы выявления, описания и исследования статистической гармоничности хронограмм, отражающей эколого-временные адаптации. На их основе разработана схема анализатора для автоматического обнаружения, сравнения и опознания биоритмов. Создана модель для имитации научного эксперимента по анализу формы волны хронограмм. Вскрыты особенности технологии расчетов формы волны физиологических ритмов.

Использование стандартных форм представления результатов исследования позволяет производить анализ полноты и непроти-

воречивости зарегистрированных данных, накапливать унифицированный архив [Pocklington e. a., 1978].

В результате математического моделирования, включая построение алгоритмов и функционирование программ, имитирующих эксперимент по анализу биоритмов на ЭВМ, исследован вопрос о неучитываемых ошибках эксперимента и показан путь его позитивных решений, расширены и углублены представления о характере вынесения решений по обнаружению, измерению и отождествлению биоритмов. На этой основе произведен расчет гипотетических ошибок, возникающих в реальных условиях эксперимента. Данные расчеты показали, что рабочее решающее правило с высокой степенью достоверности (0,05 — вероятность ошибки I рода и 0,01 — II рода) обеспечивает выполнение операции обнаружения и операции сравнения. Кроме того, получена возможность улучшить характеристики качества исследования [Емельянов, 1976; табл. 4], что достигнуто путем построения автомата на ЭВМ, обеспечивающего вынесение оптимальных решений.

Все это имеет теоретическое значение как самостоятельный участок автоматизации научных исследований структуры ритмов на ЭВМ. Участок направлен на дальнейшее развитие методов математического моделирования структуры физиологических ритмов и вместе с тем используется нами в практическом приложении с целью экспериментального подтверждения существования статистической гармоничности.

ГЛАВА 4

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ГАРМОНИЧНОСТЬ ХРОНОГРАММ БИОРИТМОВ В ДИНАМИКЕ ЭКОЛОГО-ВРЕМЕННЫХ АДАПТАЦИЙ

4.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСИНОРОВЫХ ТЕЛ И КОСИНОРОВЫХ ПЕЩЕР В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Согласно разработанному методическому подходу к нашему исследованию, в циркадной физиологической ритмике мы будем выделять в основном их групповые свойства, причем на основе упомянутых так называемых «экологических» (адаптивных) суточных ритмов [Губин, Герловин, 1980].

Использование косиноровых тел и косинорових пещер в эксперименте разрешило дать полное экспериментальное подтверждение существованию статистической гармоничности эколого-временных адаптаций у человека.

Для обоснования этого положения привлечены следующие построенные нами косинорови пещеры и тела.

Косиноровы пещеры

1. Группа обследуемых из Якутии. Пещера (см. рис. 5—9).

2. Группа обследуемых из Новосибирска. Пещеры [Емельянов, 1976; рис. 13—18]. Показатели — температура тела, частота пульса. Исследуемые гармоники — 24- и 12-часовые.

3. Группа обследуемых из Норильска. Пещера [рис. 19, № 1; 20]. Показатели — температура тела (1), частота пульса (2), мышечная сила (3). Исследуемые гармоники — 24- и 12-часовые.

Косиноровы тела

1. Группа обследуемых из Ленинграда. Показатель — температура [рис. 19, № 8—9].

2. Группа обследуемых из Норильска. Показатель — температура [рис. 19, № 1]; частота пульса [рис. 20, № 2]; мышечная сила [рис. 20, № 3].

3. Группа обследуемых из Новосибирска. Показатели — температура [рис. 13, № 17—20; рис. 14, № 17—20]; частота пульса [рис. 15, № 21—24; рис. 16, № 21—24]; температура [рис. 17, № 4—5]; частота пульса [рис. 17, № 6—7].

4. Группа обследуемых из Якутии. Показатель — температура (см. рис. 5—9, № 1; рис. 10—12, № 1); артериальное давление систолическое (см. рис. 5—9, № 2); артериальное давление диастолическое (см. рис. 5—9, № 3); количество циклов дыхания (см. рис. 5—9, № 4); частота пульса (см. рис. 5—9, № 5); мышечная сила рук — правой (см. рис. 5—9, № 6), левой (см. рис. 5—9, № 7); длительность устного перебора натурального ряда чисел (см. рис. 5—9, № 8); перемножения (см. рис. 5—9, № 9).

5. Имитация группы обследуемых на ЭВМ (математическая модель) (см. рис. 10—12, № II, рис. 13).

Воспроизводимость свойств косиноровых тел и косиноровых пещер в эксперименте находит отражение в повторяемости и сопоставимости построения на основе разносторонней методики физиологического обследования. Так, оказывается постоянно выраженной статистическая гармоничность в части синфазности параметров суточного ритма температуры тела и частоты пульса в каждой из косиноровых пещер серий А и Б.

Полученные результаты находятся в полном соответствии с выдвинутыми положениями А. Д. Слонима и С. О. Руттенбург, изложенными в п. 1.1. Вместе с тем наше экспериментальное подтверждение построено на несколько отличной методологии. Наиболее близкий ранее описанный прием, устанавливающий взаиморасположение акрофаз биоритмов различных показателей, приводился в работе К. А. Багриновского и др. [1973], а также в работе Г. Н. Кассиль и др. [1975].

Основное отличие результатов, полученных с помощью косиноровых тел и косиноровых пещер в эксперименте, от результатов К. А. Багриновского и др. [1973] состоит в том, что при систематической обработке суточных физиологических ритмов экспериментально подтверждено существование статистической гармонич-

ности эколого-временных адаптаций с установлением следующих отличительных признаков:

— статистического постоянства (макропостоянства) амплитуды и акрофазы 24-часовой синусоиды температуры тела и частоты пульса;

— изменения (микроизменения) 24-часовых синусоид;

— проявлений (микропроявлений) 12-часовой синусоиды в суточном физиологическом ритме;

— взаимоотношений 24- и 12-часовой синусоид в суточном физиологическом ритме;

— совокупности свойств микромира синусоид в суточном физиологическом ритме, содержание которых раскрыто в настоящей главе.

Теоретическое значение указанных отличий от результатов, полученных с помощью косиноровых тел и косиноровых пещер в эксперименте, состоит в следующем:

— модель суточного физиологического ритма в виде аддитивной смеси «детерминированный ритм плюс помеха» позволяет успешно производить экспериментальные исследования физиологических ритмов в процессе адаптации путем оценок параметров групповых свойств ритмики, в том числе меры индивидуальных разбросов суточных хронограмм;

— для изучения свойств детерминированных компонент ритма в динамике эколого-временных адаптаций целесообразно рассматривать параметры компоненты как детерминированные величины;

— для определения степени воспроизводимости изменений параметров детерминированной компоненты необходимо привлечение модели последовательных испытаний.

4.2. ПОСТОЯНСТВО АМПЛИТУДЫ И АКРОФАЗЫ 24-ЧАСОВОЙ СИНУСОИДЫ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА И ЧАСТОТЫ ПУЛЬСА

Замечено относительное статистическое постоянство величины амплитуды и акрофазы у 24-часовой синусоиды температуры тела и частоты пульса человека во всех результатах нашего анализа хронограмм у разных групп людей, находящихся в разных условиях обследования, проживающих в разных географических местностях, а именно: у группы лиц в динамике умеренной гипокинезии (Новосибирск), у группы лиц, занятых легким (Ленинград) и тяжелым (Норильск) трудом, у группы тяжелобольных (Ленинград) — алиментарная дистрофия. Постоянство заключается в пересечении и «плотном наложении» друг на друга эллипсов ошибок на интервале амплитуд от 0,1 до 0,5°С и на интервале акрофазы 14—19 ч, разумеется с незначительными исключениями.

Целесообразность использования информации о величине перекрытия или разделения доверительных интервалов, а также учет объема выборки, которой соответствует бо́льший интервал,

нашли свое подтверждение в работе Р. Брауна [Brown, 1979]. Дальнейшее обоснование выдвинутого положения построено на обнаружении и на последующем отождествлении 24-часовых синусоид температуры тела и частоты пульса в разных условиях проведения опыта [Емельянов, 1976; рис. 13—22, табл. 6—8]. Эти материалы убедительно доказывают постоянство величин показателей 24-часовой синусоиды. Обоснованность выявляемого постоянства усиливается совпадением результата, полученного на основе материалов разных авторов, в разное время, в разных условиях.

Воспроизводимость выявляемого постоянства основана на 16-кратной повторяемости величин амплитуды и акрофазы 24-часовой синусоиды в хронограммах, полученных на основе различных методик, т. е. при использовании разного объема выборки, разного числа измерений и разного времени измерений.

Достоверность результатов, характеризующих постоянство, можно рассматривать в процессе отождествления эллипсов. Это означает, что вероятность ошибки I и II рода не превосходит 0,05. Выделение 24-часовой синусоиды осуществлялось и ранее с помощью Косинор-анализа, а об инертности суточных ритмов таких показателей, как температура тела, было также известно [Wever, 1972, 1975].

Отличие замеченного постоянства от ранее описанного феномена инертности состоит в полной статистической оценке обнаружения гармоники путем расчета вероятностей ошибок I и II рода, в учете методических погрешностей путем моделирования хода эксперимента, в учете погрешностей анализа, т. е. построения и использования системы отождествления гармоник путем моделирования процесса принятия решений (см. Уровни выявления свойств биоритма, п. 2.4), в использовании более сложного объекта исследований — неравноотстоящих измерений. Эти отличительные особенности характеризуют замеченное постоянство как один из важных элементов устанавливаемой нами вероятностно-статистической структуры суточных физиологических ритмов, причем не только температуры тела, но и частоты пульса. Упоминаемое нами свойство инертности суточной хронограммы температуры тела, описанное в литературе, напротив, указывало скорее на детерминированный характер кривой. Кроме того, не раскрывалась и не могла быть ранее раскрыта детерминированность как следствие вероятностного характера индивидуально изменчивых хронограмм при их усреднении. Это выявлено с помощью установленных нами отличий, связанных с отмеченным постоянством.

4.3. ПРИЗНАК ИЗМЕНЕНИЙ 24-ЧАСОВЫХ СИНУСОИД

Изменения 24-часовых синусоид обладают следующим признаком детерминированности. Небольшие знакопостоянные разности акрофазы температуры тела и частоты пульса на фоне их статистического постоянства оказываются многократно воспроизво-

димы в разных опытах. Обоснованием этому положению служат результаты исследований у лиц с умеренной гипокинезией при измерениях в дневное время [Емельянов, 1976; табл. 6—8, рис. 13—20] и дополнительно в ночное, а также у людей, занятых трудом разной степени тяжести, и у людей с алиментарной дистрофией акрофазы (φ), соответствующей 24-часовой синусоиде температуры тела и частоты пульса. Изменения частоты пульса опережают изменения температуры практически у всех групп. Исключение составляет группа людей, занятых тяжелым физическим трудом на Крайнем Севере. У них оказалось, что акрофаза частоты пульса в среднем наступает позже акрофазы температуры тела.

Воспроизводимость небольших изменений в виде опережения акрофазы частоты пульса осуществлена при девятикратном повторении. Невоспроизводимым оказался единственный случай [№ 20а и 24а при $n = 11$], когда акрофаза 24-часовой синусоиды температуры тела (15,34 ч) опередила аналогичную частоты пульса (—5,79 ч). Этот случай отличен от других тем, что содержит данные круглосуточного обследования в период психоэмоционального напряжения у лиц накануне решения об исходе операции.

Достоверность изменений в виде опережения акрофаз частоты пульса рассчитывается проверкой простой нулевой гипотезы — опережение акрофазы пульса и опережение акрофазы температуры тела равновероятны. В этом случае вероятность девятикратного совпадения события составит $0{,}5^9 = 1/512 \leqslant 2 \cdot 10^{-3}$.

Наиболее близким результатом, полученным при проверке признаков изменений 24-часовой синусоиды, можно считать данные С. В. Григоряна [1979].

Основное отличие признака изменений от данных С. В. Григоряна заключается в методе обработки и интерпретации результатов. Практическое значение установленных отличий состоит в том, что: 1) при помощи методик разноинтервальных измерений установлен одинаковый признак; 2) опережение частоты пульса может оказаться тестом для установления «нормы синфазности»; 3) тяжелый физический труд в условиях Крайнего Севера не в полной степени соответствует показателям «нормы».

Близость значений акрофаз 24-часовой синусоиды частоты пульса и аналогичной температуры тела может рассматриваться в одном организме как взаимовлияние сердечно-сосудистой деятельности и терморегуляции. В условиях нормальных для организма температур окружающей среды нарастание (уменьшение) учащения пульса на 24-часовой гармонике сопровождается через некоторое время в пределах до четырех часов повышением (понижением) температуры тела на той же 24-часовой гармонике.

Пребывание на открытом воздухе зимой в условиях Крайнего Севера вызывает упреждение акрофаз температуры тела и частоты пульса, как это видно из табл. 17. В этой таблице помещены показатели — амплитуда, акрофаза и стандартное отклонение измерений усредненных по ансамблю хронограмм 24-часовой синусоиды для частоты пульса и температуры тела у группы, занятой

Отставание пульса как реакция на психоэмоциональное напряжение, а также на физическое напряжение зимой в условиях Крайнего Севера. Параметры среднегруппового значения амплитуды (A), акрофазы (φ) 24-часовой синусоиды и стандартного отклонения (δ) индивидуальных хронограмм от этой синусоиды у показателей температуры тела (*t*, °С) и частоты пульса (пульс)

Наблюдаем	Показатель	A	φ	σ	Данные опытов серии Б
Опережение пульса	Пульс *t*, °С	4,64 0,39	16,02 16,12	1,22 0,13	Контрольная группа. Отсутствие сильных физических напряжений и психоэмоциональных при нормальной температуре окружающего воздуха (18°С)
Отставание пульса	Пульс *t*, °С	1,34 0,40	18,21 15,34	1,76 0,12	Психоэмоциональное напряжение при нормальной температуре окружающего воздуха (18°С)
Отставание пульса (протофазия обеих акрофаз)	Пульс *t*, °С	6,84 0,30	15,34 14,97	3,49 0,14	Сильное физическое напряжение при пониженной температуре окружающего воздуха (—56°С)

тяжелым физическим трудом летом и зимой в условиях Крайнего Севера, а также у групп, живущих в средней полосе. Материалы дают наглядное представление о двух факторах изменчивости. Один фактор сопровождается усилением физического напряжения и одновременным инвертированием ранее описанного порядка чередования акрофаз синусоид частоты пульса, затем температуры тела. Другой фактор в организме имеет место при понижении температуры окружающего воздуха и сопровождается одновременным перемещением обеих акрофаз на более раннее время.

Объяснение признаку опережения пульса на 24-часовой синусоиде можно найти в том, что в условиях нормы в результате более усиленной работы сердечно-сосудистой системы приток горячей крови к периферийным участкам тела сопровождается через некоторое время повышением температуры тела. Очевидное объяснение, однако, дополняется следующей деталью — опережение отчетливо наблюдается на уровне микроизменений 24-часовой синусоиды как частоты пульса, так и температуры тела и практически не наблюдается визуально на необработанных хронограммах. Эта деталь наводит на мысль о функциональной и диагностической значимости признака в оценке состояния нормы.

В условиях Крайнего Севера зимой на открытом воздухе повышение притока тепла к периферии осуществляется не за счет

усиления частоты ударов, а за счет какого-то другого, более стабильного механизма нагревания. Это находит свое подтверждение в трудах А. Д. Слонима [1964] и К. П. Иванова [1965, 1972, 1974], К. П. Иванова и Т. М. Ларюхиной [1975] о «несократительном термогенезе» при адаптации к холоду. Можно думать, что природа этого механизма скрыта в отличном от европейских условий более интенсивном биохимизме при расщеплении продуктов питания в организме у человека, связанном с активацией азотистого и липидного обмена [Рябинин, 1973].

Все это означает, что признак опережения акрофаз температуры тела и частоты пульса в сочетании с изменением порядков их чередования мог бы отражать свойства адаптированности к условиям Крайнего Севера, а также служить показателем объективного контроля за эффективностью средств, направленных на ускорение процесса адаптации у переезжающих на Крайний Север.

4.4. ПРОЯВЛЕНИЯ 12-ЧАСОВОЙ СИНУСОИДЫ В СУТОЧНОМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ РИТМЕ

Сущность проявления 12-часовой синусоиды состоит в относительном постоянстве показателей амплитуды и акрофазы, в зависимости от появления или непоявления 24-часовой синусоиды, в большей вариабельности показателей в разных опытах в отличие от 24-часовой.

Обоснованность названных проявлений вытекает из результатов оценки 12-часовой синусоиды, полученных в динамике умеренной гипокинезии [Емельянов, 1976; рис. 13—22; табл. 6—8], при разных формах труда и алиментарной дистрофии.

Относительность постоянства в динамике умеренной гипокинезии состоит в совпадающих доверительных значениях акрофазы (8—12,5 ч и 23—4 ч) у групп с измерениями в 4 ч и без них. Обоснованность относительного постоянства показателей 12-часовой синусоиды при обследовании в ночные часы доказана ранее. Относительность постоянства показателей амплитуды и акрофазы 12-часовой синусоиды суточного биоритма демонстрируется там же.

Зависимость обнаружения 12-часовой синусоиды от появления 24-часовой в суточном биоритме состоит в том, что при отсутствии 24-часовой отсутствует и 12-часовая, а отсутствие 12-часовой не сопровождается отсутствием 24-часовой синусоиды. Обоснованность зависимости следует также из рис. 15, 16, 19.

Бо́льшая вариабельность параметров 12-часовой синусоиды, чем 24-часовой, в одних и тех же исследуемых суточных ритмах видна из общей для всех результатов закономерности: амплитуды 12-часовой синусоиды не менее чем в два раза ниже амплитуды 24-часовой при соизмеримых эллипсах ошибок и соизмеримых доверительных интервалах. Для 24-часовой синусоиды общий доверительный интервал составляет 19 ч — 14 ч = 5 ч, для 12-часовой — 12 ч 30 мин — 7 ч = 5 ч 30 мин соответственно.

Воспроизводимость относительного постоянства основана на 16-кратной повторяемости показателя пары указанных доверительных интервалов. Воспроизводимость зависимости 12-часовой синусоиды от 24-часовой основана на 8-кратной повторяемости описанного эффекта во всех обнаруженных нами 8 случаях отсутствия 24-часовой или 12-часовой синусоиды.

Воспроизводимость бо́льшей вариабельности основана на 23-кратной повторяемости события $A_{24} > A_{12}$ во всех обследуемых 25 парах 24- и 12-часовых синусоид. События $A_{24} \geqslant 2A_{12}$ одиннадцатикратно повторимы. События $A_{24} < A_{12}$ обнаружены только в следующих случаях: № 3 [табл. 8—2], № 24а [табл. 7—2]. Первый случай соответствует измерению показателя мышечной силы при тяжелой физической работе, второй — состоянию при психоэмоциональном напряжении.

Достоверность проявлений 12-часовой синусоиды (относительное постоянство показателей, зависимость от 24-часовой синусоиды, бо́льшая вариабельность в сравнении с 24-часовой) определена 5%-ным уровнем значимости во всех выполненных расчетах. Наиболее близкие результаты к проявлениям 12-часовой синусоиды получены ранее в работе Г. Н. Окуневой и др. [1976].

В отличие от данных Г. Н. Окуневой и др. [1976] нами обнаружены 12-часовые синусоиды на основе разработанного анализа формы волны, включающей оценку ошибок I и II рода. Практическое значение исследованных проявлений обнаруженной 12-часовой синусоиды суточного биоритма состоит в получении нового, более динамичного показателя эколого-временных адаптаций, чем ранее исследуемая 24-часовая синусоида.

4.5. ВЗАИМООТНОШЕНИЕ 24- И 12-ЧАСОВОЙ СИНУСОИД В СУТОЧНОМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ РИТМЕ

Сущность взаимоотношений 24- и 12-часовой синусоид состоит в том, что обе они при сложении формируют единообразную характерную конфигурацию волны суточной кривой температуры тела и частоты пульса, состоящую из двух вершин и одной впадины, причем между вершинами можно выделить локальный минимум [Емельянов, 1976; рис. 30б]. Время появления вершин — 12 ч и 20 ч, локального минимума — 16 ч (при положительности дневных значений), впадины — 4 ч (при отрицательности ночных).

Установленное единообразие формы свойственно и другим исследуемым нами показателям, однако время наступления вершин и впадин у каждого из них может быть иным.

В табл. 18 сведены основные параметры формы волны реконструированного по 24 и 12-часовым синусоидам биоритма исследуемых показателей. Параметры формы — это время наступления впадины, 1-й и 2-й вершины. Из таблицы видно, что различия во времени наступления впадин, а также двух вершин не превосходят 2 ч, а различия во времени наступления 1-й вершины — 5 ч. Этот

Таблица 18

Время наступления вершин и впадины реконструированной гипотетической суточной волны разных физиологических показателей

Серия	№ опыта	Показатель и условия	Время наступления, ч			Наличие и знак релаксации*
			впадины 1	вершины 1	вершины 2	
		Якутск:				
А	1	Температура	4	12	20	+
	4	Дыхание	2	7	20	Нет
	5	Пульс	3	10	21	—
	6	Мышечная сила	4	10	20	+
	8	Устный перебор чисел	2	10	18	+
Б	18а	Температура (Новосибирск, умеренная гипокинезия)	4	12	20	Нет
	1	Температура (Норильск тяжелый физический труд)	4	12	20	—
	4	Температура (Новосибирск, контрольная группа)	4	12	20	Нет

* Положительная (+) и отрицательная (—) разность между фронтом нарастания суточной волны и фронтом ее убывания по длительности.

эффект может говорить о «синхронизации» биоритмов в том смысле, что синхронизируется форма суточной волны по впадине и 2-й вершине засчет изменения 1-й вершины. Однако этот внешний эффект синхронизации достигается не «суточной» 24-часовой синусоидой, а «лунной» 12-часовой. Таким образом, 1-я вершина варьирует во времени у разных показателей, 2-я — относительно стабильна. В ночные часы активность понижена до одного минимума, относительно стабильного по времени наступления (2—4 ч).

Обоснованность положения вытекает из свойств сохраненных акрофаз 24- и 12-часовой синусоиды в обследованиях [Емельянов, 1976; рис. 15—19, 30б] 1) группы людей в динамике умеренной гипокинезии, температуры тела, частоты пульса и 2) группы людей, занятых легким трудом. Эллипсы № 18, 33 и 4 были положены в основу реконструкции суточных биоритмов, а так как они отождествлены со всеми остальными результатами, то единообразность рисунка суточной волны биоритмов температуры тела и частоты пульса доказана.

Воспроизводимость взаимоотношений 24- и 12-часовой синусоид в специально поставленной серии и в иных методических условиях демонстрируется по температуре тела в настоящем исследовании на рис. 16, по частоте пульса на рис. 20, а также по мышечной силе правой руки на рис. 22.

Обращаем внимание в серии А на взаимоотношение 24-, 12-часовых синусоид устного перебора натурального ряда (см. рис. 25).

Оказывается, что при существенно измененных акрофазах 24-, 12-часовых синусоид устного перебора по отношению к другим показателям форма волны физиологического биоритма имеет явно выраженную релаксационность (одна вершина и одна впадина). Другой показатель — количество циклов дыхания (см. рис. 19) содержит 12- и 8-часовые синусоиды. При сложении последние образуют суточную форму волны, описанную выше (на фоне 25 ч одна впадина и две вершины). При этом 24-часовая синусоида самостоятельно не выявляется. Таким образом, форма единообразной характерной суточной волны может быть сложена и при отсутствии 24-часовой синусоиды. Вместе с тем параметры 24- и 12-часовой синусоид могут видоизменить названную форму в релаксационное колебание с одной вершиной и одной впадиной.

Р. М. Баевский и др. [1970], Е. А. Ковалепко и Н. Н. Гуровский [1980] в условиях длительной гипокинезии отмечают учащение пульса и сглаживание циркадных ритмов частоты пульса. В наших данных [Емельянов, 1976, табл. 6] видим, как по мере развития гипокинезии мезор h повышается, но отчетливо заметно понижение амплитуд как 24-, так и 12-часовой синусоиды. Таким образом, наши данные находят подтверждение в других исследованиях, что служит еще одним доказательством их воспроизводимости.

Вместе с тем полученные нами результаты дополняют прежние представления об изменении структуры циркадного ритма частоты пульса в динамике умеренной гипокинезии, так как отмеченные Р. М. Баевским и др. [1978] сдвиги можно обнаружить не только в условиях длительной гипокинезии, но и значительно раньше. Указанные сдвиги незначительны, они представляют собой групповой микрокомпонент в сравнении с индивидуальными разбросами в хронограммах, носят колебательный характер и являются суммарным результатом сложных взаимоотношений 24- и 12-часовых синусоид.

Достоверность описанных взаимоотношений 24- и 12-часовых синусоид основана на статистической обработке материала при построении косинорових тел с уровнем значимости 0,05 на нулевой гипотезе и 0,01 на конкурирующей.

Физиологический механизм раскрытой сущности взаимоотношений 24- и 12-часовой синусоид частоты пульса состоит в том, что обе вершины характеризуют состояние сердечной нормальной активности в дневное время, изменения которой происходят в основном за счет 12-часовой синусоиды при относительном постоянстве 24-часовой. При этом природа 12-часовой синусоиды может оказаться связанной с онтогенетическим развитием.

У юношей в возрасте 20 лет амплитуда 12-часовой синусоиды частоты пульса несколько превышает 24-часовую. В результате наблюдается ярко выраженный двухвершинный характер формы суточной волны [Емельянов, 1976; рис. 20]. Аналогичны данные обследования группы мужчин в возрасте 35 лет.

У новорожденных (данные Л. Т. Шевелевой цитируются с разрешения автора в монографии И. П. Емельянова [1976, с. 70—74])

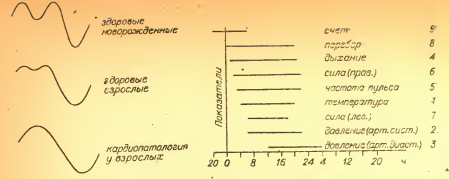


Рис. 34. Форма волны суточных биоритмов частоты пульса у разных групп людей. Схематическое изображение статистической обработки данных Л. Т. Шевелевой (по И. П. Емельянову [1976]).

Рис. 35. Длительность напряжения в период обследования (серия наблюдений А) в виде повышения активности различных физиологических показателей.

Горизонтально — время, ч, вертикально — показатели.

амплитуда 24-часовой синусоиды — 6,41, а 12-часовой — 10,72, т. е. в 1,5 раза выше. В еще более раннем периоде недоношенные дети имеют амплитуду 24-часовой синусоиды 4,62, а 12-часовой — 15,70, т. е. более чем в 3 раза. В результате проявлений 12-часовой синусоиды две вершины волны суточного ритма у новорожденных максимально расходятся, а с возрастом происходит сближение вершин и, возможно, их слияние. На этих же хронограммах мы наблюдаем постепенное увеличение расстояний между акрофазами 24- и 12-часовой синусоидами за счет смещения последней. Это увеличение в сочетании с усилением по амплитуде 12-часовых колебаний и влечет за собой необычную форму суточной волны.

Таким образом, динамика развития суточных биоритмов температуры тела у человека в виде двух вершин над средним уровнем волны и одной впадины под средним, сохраняя параметры впадины и наиболее выраженно проявляясь на более ранних стадиях онтогенеза, свидетельствует об отражении тонких градуальных регуляций гомеостаза, связанного, возможно, с потенциальными резервами организма.

У больных кардиопатологией (лица молодого возраста) 24-часовая синусоида совпадает с параметрами контрольной группы, а 12-часовая практически отсутствует [Там же]. В послеоперационный период 12-часовая синусоида восстанавливается, причем с параметрами контрольной группы. Эти данные могли бы позволить рассматривать 12-часовую синусоиду в качестве критерия адаптации организма к потенциальному времени его жизни, которая может быть изменена путем лечения (рис. 34). Дело в том что кратные синусоиды ответственны за конфигурацию волны, а последняя оказывается чувствительной к процессам эколого-

временных адаптаций у различных физиологических показателей. В пользу этого свидетельствует закономерное повышение активности у всех показателей в серии А (рис. 35), причем порядок их включения не оставляет никаких сомнений о ведущей, регуляторной роли ЦНС.

Остановимся теперь более подробно на конфигурации суточных биоритмов температуры тела. Специальное рассмотрение этого вопроса может стать источником новых, дополнительных данных для развития современных представлений о механизмах центральной регуляции температуры тела [Hammel, 1968; Веселкин, 1973; Проссер, 1977] в тесной взаимосвязи с циркадными ритмами [Nakayama e. a., 1979].

Суточная кривая температуры тела весьма стабильная, как указывалось выше на вершинах в 12 и 20 ч, а также на впадине в 4 ч и у жителей Новосибирска (контрольная группа, умеренная гипокинезия), и у приехавших в Норильск из западных районов страны (тяжелый физический труд зимой на открытом воздухе), и у жителей Якутска (контрольная группа).

Однако эти данные не следует понимать как безупречность и совершенность терморегуляции в различных социальных экологических условиях. В дневные часы суток у жителей Новосибирска обе вершины имеют одинаковую амплитуду (релаксация отсутствует). В отличие от них, у жителей Крайнего Севера амплитуды неодинаковы, что может свидетельствовать о различиях в восстановлении теплопродукции. Тяжелый физический труд в зимнее время сопровождается отрицательной релаксацией [Емельянов, 1976; табл. 8, № 1], т. е. вторая вершина ниже первой, а в летнее время — положительной [рис. 16], т. е. вторая вершина выше первой. Это может означать, что между параметрами акрофаз 24- и 12-часовой синусоид устанавливаются реципрокные отношения. Тяжелый физический труд сопровождается протофазией 24-часовой и эпифазией 12-часовой. Доказательство очевидно. Батифазы обеих синусоид согласно методу наименьших квадратов должны быть ориентированы на минимальное значение показателя в 4 ч утра. Если так, то акрофаза 24-часовой синусоиды наступит в 16 ч, а акрофазы 12-часовой — в 10 и 22 ч. При сложении синусоид в этом случае время обеих вершин формы суточной волны в 12 и 20 ч является для первой результатом нарастающего фронта 24-часовой синусоиды, а для второй — нарастающего фронта 12-часовой синусоиды. По этой причине протофазия 24-часовой синусоиды неизбежно вызовет дальнейшее нарастание первой вершины и соответственно уменьшение второй, и наоборот.

Если природу 24-часовой синусоиды мы связываем с суточным временем, то природа 12-часовой синусоиды нам пока до конца не ясна. Можно предположить, что параметры 12-часовой синусоиды температуры тела, как и частоты пульса, отражают явления, близкие к онтогенетическому потенциалу организма. В пользу этого отчетливо говорят данные С. О. Руттенбург и A. Cobet [1926], Т. Хельбрюгге [1964], С. Р. Ковалевой и В. И. Сотник

[1969], А. Д. Слонима [1976]. Так, С. О. Руттенбург и А. Д. Слоним выделяют тот факт, что именно у подростков чаще встречается суточная кривая температуры тела, которая имеет двухвершинный характер в отличие от кривых у взрослых. Приводимые ими документальные кривые прямо свидетельствуют о доминировании в этих случаях 12-часовой синусоиды над 24-часовой. Отличие от устанавливаемой нами конфигурации здесь состоит в уникальности суточных хронограмм и их визуальной выраженности только у данной группы. Описанная же нами конфигурация, хотя и замаскирована, но универсальна для разных групп и включает эффект обнаружения 12-часовой синусоиды на фоне 24-часовой.

Л. И. Куприянович [1976] приводит форму волны суточного хода температуры тела у человека с одной впадиной и двумя вершинами. Время вершин и впадин соответствует приведенным нами. Этот результат может служить косвенным доказательством того, что в других методических условиях описанная форма волны температуры тела воспроизводима.

Двухвершинность формы суточного биоритма температуры тела находит косвенное подтверждение и в работе Т. Хельбрюгге [1964]. Характерно, что этот факт никогда не обосновывался как общая закономерность всех кривых. Поэтому методические условия его получения не описаны и трудно судить о его воспроизводимости, достоверности и практическом значении.

В отличие от данных из литературы, в настоящем исследовании путем построения косиноровых тел и точного расчета на ЭВМ ошибок отождествления, на собственных материалах и на результатах нашей обработки материалов других авторов строго доказано статистически, что динамика развития суточного биоритма у здорового человека закономерно постоянна в разных условиях труда и жизни, хотя это явление с точки зрения визуального анализа полностью замаскировано и на индивидуальных хронограммах и на усредненных по группе. Значение устанавливаемого отличия заключается в том, что закономерность проявляется независимо от специфичности условий жизни.

Другое отличие раскрытой сущности взаимоотношений 24- и 12-часовой синусоид температуры тела в организме человека от данных Л. И. Куприяновича и Т. Хельбрюгге состоит в статистическом доказательстве того, что форма суточной кривой температуры тела — результат сложения 24-часовой и обнаруженной 12-часовой синусоид при выключении из анализа других обнаруживаемых синусоид у здорового человека при нормальном образе жизни, в условиях тяжелого физического труда на Крайнем Севере, в условиях трехсменной работы (легкий физический труд) и в условиях умеренной гипокинезии.

Наконец, еще одно принципиальное отличие раскрываемой сущности взаимоотношений 24- и 12-часовых синусоид от данных Т. Хельбрюгге и Л. И. Куприяновича состоит в обнаружении, описании, полном измерении и анализе формы волны суточной кривой новых показателей — систолического и диастолического ар-

териального давления, количества циклов дыхания, частоты пульса, мышечной силы обеих рук, длительности устного перебора натурального ряда и устного счета. Кроме того, дополнено и изменено представление о форме суточной волны температуры тела, а именно, в отличие от данных из литературы, форма суточной волны температуры тела у здорового человека в условиях нормального режима характеризует: 1) выраженную релаксационность (см. рис. 16) в сочетании с двухвершинностью; 2) отсутствие 8- и 6-часовых гармоник (первая могла бы создавать релаксацию и многовершинность без участия 24-часовой синусоиды, как это видно на примере другого показателя (см. рис. 19); 3) тенденцию к переформированию (см. рис. 16 — нижний) под влиянием модного фактора — методического режима обследования, порождающего синусоиды с периодами больше 48 ч, и при этом сохранять суточную повторяемость в виде микроэлемента (24- и 12-часовые гармоники) инвариантно по отношению к фактору режима обследования.

Значение указанных отличий состоит в том, что они дают возможность по-новому подойти к пониманию роли формы суточной волны как индикаторе внутрицентральных регуляций различных систем в организме. Одинаковый характер формы суточной волны у разных показателей в виде комбинации двух факторов: 1) двухвершинности днем и одной впадины ночью; 2) релаксационности суточной кривой — пологий фронт нарастания днем и крутой фронт убывания ночью. Это свидетельствует о том, что, несмотря на определенные различия 24- и 12-часовых синусоид между разными физиологическими показателями, внутрицентральные регуляции осуществляются однотипно. Различия синусоид между показателями частоты пульса (5), температуры тела (1), мышечной силы правой руки (6), устного перебора (8) несомненны (см. рис. 35) и определяются различными функциональными системами на общем уровне 24-часовой синусоиды. На этом уровне они объединены наиболее медленно текущими приспособительными реакциями на время, по-видимому, в основном гуморального характера. Отсюда легко объяснима разбросанность их акрофаз на циферблате. Более высокий функциональный уровень регуляции — 12-часовая синусоидальность — должен в большей степени отражать элементы нервной регуляции и проявиться в однонаправленном сдвиге акрофаз. Это показано на рис. 6 (№ 8 не соответствует увеличению длительности, т. е. уменьшение общей активности в отличие от других показателей и поэтому имеет иную направленность. Таким образом, все показатели на 12-часовом циферблате, включая устный перебор, однонаправлены при общем повышении активности организма).

Весьма близкий результат к устанавливаемым взаимоотношениям 24- и 12-часовой синусоид получен недавно в работе А. С. Порошенко и А. А. Сорокина [1980], а именно, как и по нашим данным, форма реконструированного суточного ритма температуры тела и частоты пульса оказалась для обоих показателей двухвер-

шинной и идентичной. Это дополнительно убеждает в том, что результаты широкого применения приемов Косинор-анализа дают устойчивые, достоверные и хорошо воспроизводимые феномены суточных кривых у разных авторов, ранее не выявляемые на хронограммах.

Основное дополнительное отличие формы суточной волны к данным А. С. Порошенко и А. А. Сорокина состоит в установлении нами статистического совпадения 24-, 12-часовых синусоид в динамике умеренной гипокинезии, полученных на основе измерений температуры тела и частоты пульса, с описанием следующих свойств:

— необнаружение 24-часовой синусоиды влечет за собой отсутствие и 12-часовой;

— выключение одного измерения в ночное время при одновременном увеличении объема обрабатываемых хронограмм улучшает обнаруживаемость обеих гармоник ценой ухудшения качества их измерения.

4.6. СОВОКУПНОСТЬ СВОЙСТВ МИКРОМИРА СИНУСОИД В СУТОЧНОМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ РИТМЕ

Свойства микромира синусоид в суточном физиологическом ритме в целом могут быть охарактеризованы как имеющие вероятностно-статистический характер, который обеспечивается прежде всего за счет резко выраженных индивидуальных различий, имеющих место в каждой группе.

Индивидуальную изменчивость (параметр δ) [Емельянов, 1976; табл. 4, 6—9] суточного физиологического ритма частоты пульса, температуры тела следует связывать с высокоорганизованным приспособлением. Ее проявления у человека более мощные, чем ранее рассмотренные нами свойства групповой изменчивости параметров синусоид. Это видно на примере следующих данных микроизменения гармоники температуры:

	№ 4	№ 5
По амплитуде	0,373	0,355
По акрофазе	16,60	16,15

Макроизменения средних значений температуры

По «амплитуде» (округленно — размах)	36,6—35,8	36,6—35.9
По «акрофазе» (время последнего наибольшего)	22.00	18.00

Здесь микроизменения гармоник выражаются в перепаде амплитуды на 0,018°С и акрофазы на 0,45 ч для 24-часовой синусоиды, а макроизменения порождающей хронограммы выражаются в перепаде амплитуды на (1,20—0,70)/2 = 0,25°С и акрофазы на 4 ч,

т. е. проявления индивидуальной изменчивости в виде одного элемента статистической гармоничности почти в 10 раз больше групповых изменений на хронограммах.

Статистическое постоянство в суточном физиологическом ритме и детерминированная групповая изменчивость параметров каждой гармоники достаточно хорошо выявляются в динамике эколого-временных адаптаций, статистически обоснованы и воспроизводимы. Однако величины изменчивости и в других случаях оказываются на порядок меньше параметров «случайной помехи», формируемой нами из индивидуальных различий. При этом изменчивость между параметрами гармоник, как правило, носит соотносительный характер. Благодаря этому виду изменчивости устанавливается определенная форма волны.

Наконец, отметим еще детерминированную изменчивость между параметрами одних и тех же составляющих ритма у разных физиологических показателей.

Для дальнейшего обоснования этих представлений рассмотрим значения параметров синусоиды в сравнении с фактическими измерениями хронограмм. Оказывается, что амплитуды 24-часовых синусоид [Емельянов, 1976; рис. 22, 29, *б*; 30, *а*, *б*, табл. 6—8] температуры тела значительно ниже средней хронограммы и не соответствуют друг другу. Нет ни одного случая, когда амплитуда гармоники превосходила бы наибольший размах хронограммы.

Обоснованием зашумленности синусоиды в усредненной хронограмме служат примеры с ансамблем хронограмм № 17 при $n = 23$ [№ 34, а также № 33 и 18] ($n = 11$). Эти данные убедительно показывают, что ни 24-часовая, ни 12-часовая синусоиды не определяют в отдельности характер усредненной хронограммы. В свою очередь, последняя не содержит визуальных особенностей, по которым можно безошибочно установить параметры 24- и 12-часовой синусоид. Обоснованием зашумленности синусоиды в индивидуальных хронограммах служат все вышеприведенные примеры, рассматриваемые как результаты обработки одной хронограммы.

Воспроизводимость рассмотренных значений синусоиды, зашумленности синусоиды в усредненной и индивидуальной хронограммах подтверждена на материалах пятидесятикратно [табл. 6—8].

Достоверность результатов, на основании которых устанавливаются свойства синусоид, определяется принятым уровнем значимости 0,05.

Основное отличие описанной нами совокупности свойств микромира синусоид суточного биоритма от общепринятого отождествления в Косинор-анализе свойств синусоиды и хронограммы состоит в самостоятельно изложенной выше интерпретации синусоиды, из которой следует, что результаты визуальной оценки хронограмм и результаты Косинор-анализа могут быть принципиально различны.

Феномен 24-часовой синусоиды очень слабый (см. рис. 27) и в этом смысле является статистическим микроэлементом хронограммы, поэтому совокупность множеств всех проявляемых синусоид и их свойств может рассматриваться как мир микроэлементов, отличительный от мира визуально исследуемых хронограмм.

Таким образом, интерпретация синусоид Косинор-анализа не может более отождествляться с визуальными «синусоидами» на усредненных хронограммах, а должна происходить независимо от них, как новое явление физиологической ритмики. Это будет способствовать дальнейшему улучшению качества исследований в биоритмологии.

*

* *

В результате статистического анализа и моделирования экспериментально подтверждено существование статистической гармоничности эколого-временных адаптаций на основе построения косинорових тел и пещер. Замечено макропостоянство величины амплитуды и акрофазы у 24-часовых синусоид на примере таких показателей, как температура тела и частота пульса. Раскрыты взаимоотношения 24- и 12-часовой синусоиды. В результате описана совокупность свойств микромира синусоид суточного биоритма отдельных физиологических показателей.

Все это позволяет нам теперь кратко сформулировать понятие об элементах структуры суточных физиологических ритмов, установить порядок поэлементного взаиморасположения показателей, выявить случаи нарушения взаиморасположения показателей, говорить о макросинфазности синусоид и постоянстве формы суточной волны, а также о микроизменчивости под влиянием некоторых экологических факторов и, наконец, определить диапазон индивидуальной изменчивости.

Среди 24-часовых синусоид существует циклический порядок следования акрофаз показателей: частота пульса, температура тела, мышечная сила рук сначала правой, затем левой, длительность устного счета, артериальное давление систолическое, затем диастолическое, длительность устного перебора чисел.

Нарушение порядка взаиморасположения показателей установлено в условиях Крайнего Севера, которое выражается в изменении нормального чередования акрофаз 24-часовых синусоид частоты пульса, температуры тела. Нарушение происходит на общем фоне упреждения акрофаз температуры тела и частоты пульса по отношению к летнему периоду.

Другой случай нарушения чередования акрофаз частоты пульса, затем температуры тела отмечали у группы людей при умеренной гипокинезии с измерениями в ночные часы накануне определения исхода операции.

Обнаружены макросинфазность синусоид и постоянство формы суточной волны. В динамике умеренной гипокинезии, в усло-

виях легкой и тяжелой форм физического труда, осуществляемых при одно- и трехсменной работе, а также при тяжелой патологии, вызванной алиментарной дистрофией, и у контрольных групп, сформированных по месту постоянного жительства, установлена макросинфазность 24- и 12-часовых синусоид. Контуры эллипсов ошибок, вычисленных по каждой группе, взаимопересечениями образовали единый общий доверительный интервал для среднего амплитуды и акрофазы. Макросинфазность, отмеченная на показателях температуры тела и частоты пульса, отражается в постоянстве формы волны суточного ритма.

Форма суточной волны имеет две вершины в дневное время с локальным минимумом и одну глубокую впадину в ночное время. Постоянство формы обеспечивается за счет разных ее элементов.

В то же время индивидуальная изменчивость хронограмм проявляется в величине дисперсии и в среднем в три раза превосходит величины групповой изменчивости. По мере интерполяции хронограмм синусоидами более коротких периодов признаки групповой изменчивости по показаниям амплитуд синусоид ослабевают, а диапазон индивидуальной изменчивости хронограмм сохраняется в одних и тех же пределах. Все это детализирует результаты экспериментального подтверждения статистической гармоничности.

Экспериментальное подтверждение статистической гармоничности хронограмм дает нам возможность сформулировать обобщающие положения.

ГЛАВА 5

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ГАРМОНИЧНОСТИ ХРОНОГРАММ

5.1. ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДАННЫХ О СТАТИСТИЧЕСКОЙ ГАРМОНИЧНОСТИ ХРОНОГРАММ В ПРОЦЕССЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ

Отмеченное в п. 4.6 сочетание высокой степени постоянства средних в разных условиях на фоне больших дисперсий, вызванных индивидуальными расхождениями, убеждает в том, что элемент среднего физически должен присутствовать и в индивидуальной хронограмме, а не только рассматриваться как результат формально произведенной обработки. Поэтому в модели ритма как аддитивной смеси гармоник и «белого шума» мы идентифицируем гармоники модели индивидуальным хронограммам, но вместе с тем признаем условность соответствия между расхождениями на

Таблица 19

Средние амплитуды (A) и акрофазы (φ) в 95%-ном доверительном интервале (A_{min}, A_{max}, φ_{min}, φ_{max} соответственно) у 24- и 12-часовых синусоид для суточных хронограмм (T — пробный период, ч; n — количество обследуемых)

№ опыта	n	$T = 24$					
		A_{min}	A	A_{max}	φ_{min}	φ	φ_{max}
4	31	0,364	0,373	0,382	16,51	16,60	16,69
5	31	0,346	0,355	0,364	16,05	16,15	16,25
17	23	0,155	0,166	0,177	16,40	16,65	16,90
18	23	0,167	0,178	0,189	16,74	16,98	17,22
19	23	0,070	0,081	0,092	18,12	18,64	19,16
20	23	0,148	0,159	0,170	15,99	16,25	16,51
6	31	4,456	4,546	4,636	15,22	15,30	15,38
7	31	4,644	4,734	4,824	15,39	15,46	15,53
21	23	4,525	4,639	4,753	15,49	15,58	15,67
22	23	1,782	1,896	2,010	14,62	14,85	15,08
23	23	3,081	3,195	3,309	12,71	12,85	12,99
24	23	0,733	0,847	0,961	14,44	14,96	15,48
17а	11	0,371	0,386	0,401	15,97	16,12	16,27
18а	11	0,284	0,299	0,314	15,94	16,13	16,32
19а	11	0,338	0,353	0,368	16,23	16,39	16,55
20а	11	0,383	0,398	0,413	15,20	15,34	15,48
21а	11	4,485	4,636	4,787	15,90	16,02	16,14
22а	11	3,155	3,306	3,457	13,67	13,84	14,01
23а	11	4,527	4,678	4,829	13,28	13,40	13,52
24а	11	1,189	1,340	1,491	17,78	18,21	18,64
1	56	0,298	0,305	0,312	14,88	14,97	15,06
2	65	6,773	6,835	6,897	15,31	15,34	15,37
3	75	1,033	1,091	1,149	8,49	8,69	8,89
8	11	0,185	0,202	0,219	15,82	16,14	16,46
9	73	0,382	0,388	0,394	15,06	15,12	15,18

Продолжение табл. 19

№ опыта	n	$T = 12$					
		A_{min}	A	A_{max}	φ_{min}	φ	φ_{max}
4	31	0,149	0,158	0,167	10,56	10,67	10,78
5	31	0,159	0,168	0,177	10,96	11,06	11,16
17	23	0,097	0,108	0,119	2,03	2,22	2,41
18	23	0,098	0,109	0,120	2,92	3,11	3,30
19	23	0,027	0,038	0,049	11,78	0,34	0,90
20	23	0,081	0,092	0,103	1,57	1,80	2,03
6	31	1,994	2,084	2,174	10,22	10,30	10,38
7	31	2,301	2,391	2,481	11,36	11,43	11,50
21	23	3,638	3,752	3,866	2,86	2,92	2,98
22	23	1,110	1,224	1,338	1,98	2,16	2,34
23	23	2,913	3,027	3,141	0,74	0,81	0,88
24	23	0,321	0,435	0,549	10,27	10,78	11,29
17а	11	0,187	0,202	0,217	10,74	10,88	11,02
18а	11	0,112	0,127	0,142	10,15	10,38	10,61
19а	11	0,176	0,191	0,206	9,50	10,05	10,20

№ опыта	n	$T = 12$					
		A_{min}	A	A_{max}	φ_{min}	φ	φ_{max}
20а	11	0,177	0,192	0,207	10,67	10,82	10,97
21а	11	1,098	1,249	1,400	2,17	2,40	2,63
22а	11	1,350	1,501	1,652	9,81	10,00	10,19
23а	11	3,868	4,019	4,170	11,27	11,34	11,41
24а	11	2,161	2,312	2,463	8,01	8,13	8,25
1	56	0,172	0,179	0,186	9,39	9,52	9,65
2	65	4,574	4,636	4,698	9,31	9,34	9,37
3	75	1,418	1,476	1,534	10,54	10,62	10,70
8	11	0,057	0,074	0,091	0,84	1,28	1,72
9	73	0,140	0,146	0,152	8,65	8,73	8,81

индивидуальных хронограммах и моделью закона расхождений как «белого шума».

В табл. 19 приведены средние амплитуды (A) и акрофазы (φ) в 95%-ном доверительном интервале (A_{min}, A_{max}, φ_{min}, φ_{max}) у 24- и 12-часовых синусоид суточных хронограмм температуры тела у групп без пропуска (№ 4, 5) и групп с пропуском (№ 17—20) измерений в ночное время, а также частоты пульса (№ 6, 7 и 21, 24), соответственно в динамике умеренной гипокинезии; средние амплитуды (A) и акрофазы (φ) в 95%-ном доверительном интервале (A_{min}, A_{max}; φ_{min}, φ_{max}) у 24- и 12-часовых синусоид суточных хронограмм температуры тела (№ 17—20) и частоты пульса (№ 21—24) в динамике умеренной гипокинезии, аналогично вышеприведенным, но без пропуска измерений в ночное время, температуры тела (№ 1), частоты пульса (№ 2) и мышечной силы (№ 3) у рабочих-путейцев на Крайнем Севере и температуры тела (№ 8) у лиц с алиментарной дистрофией. Здесь доверительный интервал (в отличие от [Емельянов, 1976; табл. 6—9]) характеризует величину погрешности для среднегруппового, вносимую пределом разрешающей способности регистратора при индивидуальном измерении. Она составляет для показаний температуры тела $\pm 0{,}05$°С и для мышечной силы $\pm 0{,}5$ кг.

Расчет доверительного интервала следующий. Если ΔA — среднеквадратическая ошибка одного измерения, то групповая ошибка из $n \times m$ измерений для их среднего составит

$$S = \Delta A \sqrt{n \times m}.$$

В описанном выше уравнении эллипса равных вероятностей

$$\frac{1}{1-r^2}\left[\left(\frac{x-x_c}{S_x}\right)^2 - 2r\left(\frac{x-x_c}{S_x}\right)\left(\frac{y-y_c}{S_y}\right)\left(\frac{y-y_c}{S_y}\right)^2\right] = \chi^2_{0,05} \quad (2)$$

положим, что $S_x = S_y = S$, $x_c = y_c = r = 0$, откуда получим уравнение окружности с радиусом (R):

$$x^2 + y^2 = S^2 \cdot \chi^2_{0,05}(2) = R^2.$$

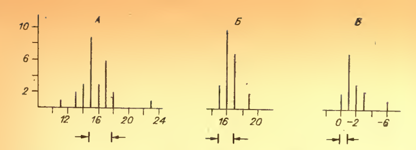


Рис. 36. Гистограммы параметров акрофазы 24-часовой синусоиды суточных физиологических ритмов.

А — из 27 значений акрофазы частоты (Ч) пульса, *Б* — из 22 значений акрофазы температуры (Т) тела, *В* — из 15 значений разности акрофаз (Ч — Т). Значения для каждого часа ранжировали в пределах получаса (±0,5). По оси ординат — количество ранжированных значений показателя, выбранных из панорамы. Стрелки внизу — устанавливаемые нами нормативные диапазоны изменений для показателей.

По таблице [Корн, Корн, 1977] находим $\chi^2_{0,05}(2) = 5{,}991$, поэтому

$$R = S \cdot \sqrt{5{,}991}.$$

Осталось определить

$$A_{\min} = A - R, \; A_{\max} = A + R.$$

Обозначим доверительный интервал для угла φ через δ_φ. Тогда $R/A = \sin \delta_\varphi$, откуда

$$\delta_\varphi = \arcsin (R/A)(\text{рад}) = (24/2\pi) \arcsin (R/A)(\text{час})$$

для 24-часового циферблата и

$$\delta_\varphi = (12/2\pi) \arcsin (R/A)$$

для 12-часового. Осталось найти $\varphi_{\min} = \varphi - \delta_\varphi$ и $\varphi_{\max} = \varphi + \delta_\varphi$.

Результаты обработки данных табл. 19 убедительно показывают (по разрешающей способности методики) статистические отличия между параметрами ритмов у сравниваемых обследуемых групп и тем самым обосновывают необходимость обобщенного учета групповых малых изменений (микроизменчивости) параметров, маскируемых индивидуальными разбросами на модели.

Сущность обобщения произведенных исследований структуры физиологических ритмов в процессе адаптации на прикладные аспекты состоит в доказательстве того, что путем расщепления структуры на компоненты можно установить однозначно воспроизводимые у разных авторов изменения основных параметров суточного ритма. Тем самым целиком устраняется источник существующих в литературе якобы «противоречивых» данных по биоритмике.

Для доказательства этого положения возьмем за основу взаиморасположение акрофаз 24-часовых синусоид в разных усло-

виях обследования следующих показателей: температуры тела (Т), систолического (С) и диастолического (Д) давления, количества циклов (Ц) дыхания, частоты (Ч) сердечных сокращений, мышечной силы правой (П) и левой (Л) руки, мысленного (М) перебора и устного (У) перемножения чисел.

На рис. 36 расположены гистограммы для значений показателей Ч (*А*) и Т (*Б*), а также разности Ч — Т (*В*) между ними в случаях измерения обоих. Особо подчеркнем, что для каждого часа значения ранжировали в пределах получаса (+0,5, —0,5 ч), что существенно при интерпретации данных.

Сопоставляем следующие наши данные и данные других авторов: Якутск — группа серии А, норма, 2 года пребывания; Норильск — группы с разным стажем пребывания: коренные жители (25 лет), 1,5 года, 3 мес, 2 мес (данные и результаты обработки В. И. Турчинского и др. [1975]); Ленинград — контрольная группа (данные С. О. Руттенбург [1971]), группа тяжело больных алиментарной дистрофией (данные Р. П. Ольнянской и Т. В. Поповой [1949]); Новосибирск — контрольная группа на свободном режиме, затем она же — на постельном. Другая группа в динамике умеренной гипокинезии — до операции, через 2, 10, 20 дней после операции соответственно [Королева-Мунц, 1974]. Затем Новосибирск — контрольная группа в 1971 и 1972 гг. (данные и результаты обработки Д. В. Демина и др. [1975]); Новосибирск — контрольная группа, группы с тяжелыми сердечными заболеваниями (митральный стеноз), больные «синего типа», больные «бледного типа» до и после операции. Группа здоровых детей — доношенные, группа недоношенных детей. Все данные и результаты обработки Л. Т. Шевелевой (цит. по И. П. Емельянову [1976]). Ереван — контрольная группа, группы больных с ишемической болезнью сердца (ИБС), не перенесших инфаркт, перенесших инфаркт (данные и результаты обработки С. В. Григорян [1979]). Фрунзе — контрольная группа, проживающая в низкогорье (700 м), и группа, проживающая в высокогорье (3200 м) (данные обеих групп и результаты обработки Т. К. Абдылдабекова и М. Т. Туркменова [1975]; см. также — М. Т. Туркменов и Т. К. Абдылдабеков [1975]).

Обследуемые — преимущественно мужчины 20—25 лет — в осенний и весенний сезоны были собраны в группы по 10 человек. Показатель у каждого обследуемого в течение суток снимался, как правило, не менее шести раз.

Доказательство обобщения основано на следующих результатах нашего сопоставления приведенных материалов.

1. Параметр Ч различен в разных сериях, не постоянен в пределах одной, так что: 1) все группы контроля удовлетворяют условию $15\ ч \leqslant Ч_{контр} \leqslant 18\ ч$; 2) протофазия ($Ч < Ч_{контр}$) соответствует умеренной гипокинезии, а эпифазия ($Ч > Ч_{контр}$) — проявлению физической и эмоциональной активности. При этом Ч может оказаться в пределах установленных изменений контрольных групп. В то же время проявления умеренной гипокине-

зии сопровождаются (здесь и ниже только в плане эофазии) протофазией ($Ч < Ч_{контр}$), а проявления активности — эпифазией ($Ч > Ч_{контр}$).

2. Параметр Т так же, как и Ч, различен в разных сериях и всегда постоянен в пределах одной серии, но в отличие от Ч: 1) характеризуется более узким, установленным нами диапазоном изменения у контрольных групп $15 \leqslant Т \leqslant 18$ ч; 2) эпифазия ($Т > Т_{контр}$) сопутствует умеренной гипокинезии, а протофазия — состоянию активности. При этом Т может оказаться в пределах контрольных групп так же, как и Ч. Однако проявления умеренной гипокинезии сопровождаются эпифазией ($Т > Т_{контр}$), а состояния активности — протофазией ($Т < Т_{контр}$).

3. Во всех группах контроля для Ч и Т существует следующий порядок чередования. Сначала наступает акрофаза Ч, затем (или одновременно) — Т, т. е. ЧТ. Мерой нормального чередования служит условие: $2\text{ ч} \geqslant Т - Ч \geqslant 0$.

Выявлены два типа изменений нормального чередования: меры и порядка. Все случаи изменения меры (десинхроноз) нормального порядка ЧТ отмечали, как следует из свойств п. 1.2, во всех случаях умеренной гипокинезии, и все они оказались подчиненными условию $Т - Ч > 2$ ч.

4. Все случаи изменения (ТЧ) порядка чередования Ч и Т отмечали в состоянии усиления суточной активности, что следует из 1 и 2, а также отмечали в условиях высокогорья.

Доказательство состоит в том, что у лиц с ИБС (Ереван) значения $Ч = 15$ ч находятся в пределах изменений, установленных для всех контрольных групп. Измененное состояние, вызванное достаточно серьезной патологией, оказалось почти неотличимым. Эти же данные в сопоставлении с группой контроля ($Ч = 18$) в той же местности (Ереван) обнаружили резкую протофазию, наблюдаемую во всех случаях в условиях умеренной гипокинезии.

Таким образом, сопоставление контрольных групп в разных местностях, данных обследований с данными контроля в пределах одной и той же местности и условий обследования позволяет вскрывать существенные сдвиги в Ч, вызванные конкретной социально-экологической обстановкой (например, состояние повышенной активности контрольной группы людей из Еревана в сравнении с контрольными группами из Новосибирска, Норильска и особенно Якутска), и на ее фоне тем самым однозначно устанавливать характер измененного состояния у группы, вызванного умеренной гипокинезией в результате ИБС.

Воспроизводимость приведенного доказательства видна на примере группы больных «синего типа», у которых $Ч = 15$ ч, что может иметь место в группах контроля, например, у коренных норильчан. В сопоставлении с данными контроля из Новосибирска ($Ч = 17$ ч) у больных «синего типа» выявляется отчетливая протофазия, указывающая на состояние в группе умеренной гипокинезии.

Достоверность защищаемого положения основана на том, что

в условиях строго контролируемой умеренной гипокинезии (Новосибирск) практически у всех значений Ч наблюдали протофазию по отношению к данным контроля. Если протофазия Ч действительно так определенно отражает состояние гипокинезии у человека, то в наиболее полной мере протофазия должна бы проявиться в состоянии наименьшей возможной подвижности. У накормленного, нормально развивающегося младенца естественная подвижность минимальна и нашла свое отражение в наиболее резко выраженной протофазии (Ч = 11 ч) в отличие от всех значений панорамы. Подсчитаем теперь вероятность случайно подобранной комбинации. Для 27 значений Ч она составляет $0{,}5^{27}$, для 22 значений Т — $0{,}5^{22}$, для 15 значений ЧТ — $0{,}5^{15}$, что ниже принятого нами уровня значимости 0,05. Таким образом, достоверность в силу воспроизводимости всех рассматриваемых нами результатов, полученных другими авторами и нами, оказалась очень высокой.

Вместе с тем мы обращаем внимание на принципиальную невозможность использования модели аддитивной смеси для доказательства установленных различий. Это объясняется влиянием больших индивидуальных значений Ч и Т в сравнении с средне-групповыми. Указанное влияние, по нашим данным, оказалось невозможно устранить традиционным путем увеличения количества обследуемых. Кроме того, при попытке увеличить объем выборки нарушается методическая чистота обследования.

Н. А. Усакова и др. [1975], Л. А. Луговой [1975] на хронограммах показали, что в длительной (30—50 суток) гипокинезии фаза суточных колебаний температуры тела и частоты сердечных сокращений смещается вправо (эпифазия). Эти данные относим к элементам некоторых новых проявлений ранее установленного более общего явления — скрытого десинхроноза [Газенко, Алякринский, 1970].

В дополнение к данным названных авторов нами на новом объекте исследования — акрофазе 24-часовой синусоиды суточных хронограмм — установлено, что в динамике умеренной (20 сут) гипокинезии происходит эпифазия температуры тела, как и в хронограммах Л. А. Лугового, и одновременно более выражена протофазия частоты сердечных сокращений. Это расхождение первоначально синхронизированных значений вызывает десинхроноз, который наиболее выражен на 10-е сутки, после чего отметили некоторую тенденцию к ослабеванию десинхроноза.

Теоретическое значение обнаруженных отличий состоит в формулировке следующих пяти следствий, вытекающих из данных и доказанного положения:

1. Существует некоторый оптимум во взаиморасположении значений Ч и Т, который характеризует нормальное состояние.

Критерием этого оптимума являются: 1) порядок чередования значений ЧТ по времени их наступления в пределах одного часа (с учетом ошибок и ранжирования от −0,5 ч до +1,5 ч), 2) месторасположение значений Ч в пределах 15—18 ч и значений Т в преде-

лах 15—17 ч, что свидетельствует о более высокой инертности значений Т в сравнении с более подвижным Ч. Значения Ч и Т тонко и по-разному дифференцируют признаки состояния активности.

2. В динамике умеренной гипокинезии развивается скрытая форма десинхроноза, механизм которого заключается в одновременном расхождении от некоторого оптимума ранее синхронизированных значений Ч и Т, а именно более выраженной протофазии Ч и менее выраженной эпифазии Т.

3. При нарастании суточной активности также развивается скрытый десинхроноз, механизм которого заключается в одновременном расхождении от некоторого оптимума ранее синхронизированных значений Ч и Т, а именно в противоположном отличии от умеренной гипокинезии — эпифазии Ч и протофазии Т. Это отличие приводит к тому, что установленный нами порядок нормального чередования ЧТ нарушается (ТЧ).

4. Выявлены сравнительные особенности процесса адаптации к социально-экологической обстановке у жителей разных районов страны.

В условиях Якутии наблюдается выраженный десинхроноз с нормальным порядком чередования ЧТ, который может служить индикатором стойкости специфических влияний умеренной гипокинезии. Последние имели место в действительности, несмотря на то, что в период обследования лица находились в состоянии активного режима.

В условиях Еревана наблюдается эпифазия Ч, свойственная повышенной активности как в группе контроля, так и у обеих групп с ИБС. В результате этого состояние умеренной гипокинезии в обеих группах с ИБС сопровождается закономерной эпифазией Ч по отношению к группе контроля, однако в силу постоянной протофазии эта эпифазия оказывается скрытой в сравнении с группами контроля других регионов, так как значение Ч составляет 14—15 ч.

5. Выявлена возможность получения дополнительных данных о порядке взаиморасположения других показателей. Так, помимо нормального чередования ЧТ, состояние групп контроля характеризуется последовательным чередованием значений ДСЧ, воспроизводимыми в Норильске, Фрунзе, Ереване.

Нарушение порядка чередования ЧСД отмечено в группе контроля в Якутске. Формула этого десинхроноза оказалась идентичной у лиц с ИБС (обе группы) в Ереване, причем развитие десинхроноза оказалось бо́льшим по мере перехода к следующим состояниям: группа ИБС, не перенесших инфаркт, затем группа ИБС с постинфарктным кардиосклерозом и, наконец, самые большие расхождения у группы контрольных лиц в Якутске.

Другой отличительной особенностью жизни в Якутске являются дополнительно следующие, установленные нами признаки:

— резкая эпифазия Д, С.

— отсутствие 24-часовой синусоиды в количестве циклов (Ц)

дыхания за минуту при наличии таковой во Фрунзе, причем обращаем внимание, что в условиях высокогорья (3200 м) амплитуда выше, чем в условиях низкогорья (760 м),

— существенные различия в значениях Л по отношению к Норильску, указывающие на элемент десинхроноза как в Якутске (эпифазия), так и в Норильске (протофазия).

Все это позволяет сформулировать нам вывод о том, что Косинор-анализ может быть успешно использован для статистической оценки параметров 24-часовой синусоиды разных показателей и установления между ними различий в процессе исследования адаптаций на основе схемы изучения вероятностно-статистической структуры хронограмм (рис. 37). Вместе с тем дальнейшее, более глубокое расщепление структуры физиологических ритмов в процессе адаптации и тем самым исследование формы волны открывают возможность для формулировки рекомендаций по планированию исследований.

5.2. ПЛАНИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ СУТОЧНОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО РИТМА

В планировании исследований суточных физиологических ритмов отдельно взятые измерения из непрерывной реализации оказываются представительными для статистической оценки, причем механизм репрезентативности может быть двояким: во-первых, репрезентативность обеспечивается путем непредвзятого отбора большого количества выборочных хронограмм; во-вторых, репрезентативность обеспечивается путем непредвзятого отбора большого количества измерений в хронограмме. Возникает вопрос, что предпочтительнее при изучении суточных биоритмов?

При неограниченных возможностях репрезентативность можно обеспечить одновременно обоими путями. Поэтому задача сравнения состоит в выявлении условий планирования эксперимента при ограниченных возможностях. Процедура сравнения обоих механизмов репрезентативности заключена в оценке результатов анализа однотипного материала, полученного методически вышеуказанными путями.

Результаты сравнения работы механизмов репрезентативности показали, что в планировании исследований суточных физиологических ритмов при ограниченных возможностях целесообразнее делать выбор в пользу измерений в ночные часы суток, чем идти по пути увеличения количества хронограмм из-за отсутствия названных хронограммных измерений.

Обоснование этого положения вытекает из анализа результатов косиноровых тел на специально поставленной серии обследований у двух групп. Первая группа [Емельянов, 1976, табл. 5, 7] содержит 6 измерений в сутки у 31 обследуемого, включая измерение в 4 ч ночи; вторая — 5 измерений у 23 обследуемых при отсутствии измерения в 4 ч ночи. Кроме того, во второй группе

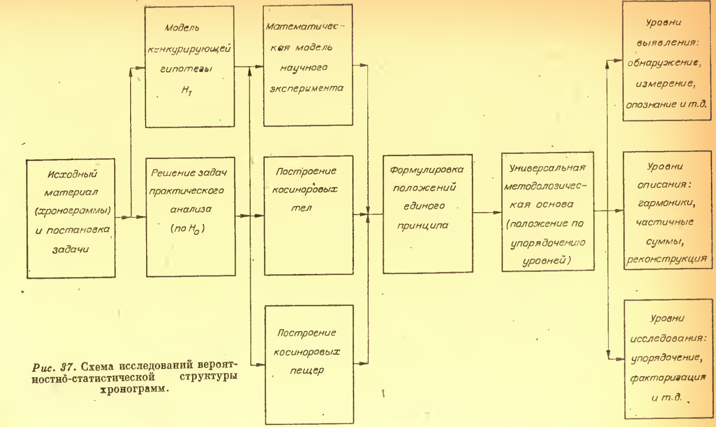


Рис. 37. Схема исследований вероятностно-статистической структуры хронограмм.

выделено 11 обследуемых, у которых проведено также 6 измерений. Сравнение показателей 24-часовой синусоиды обнаружило их совпадение. Это означает, что 24-часовая синусоида ритмов температуры и пульса может быть правильно обнаружена и измерена даже при отсутствии измерений в ночное время. Вместе с тем, как видно из результатов расчета, параметры 12-часовой синусоиды тех же ритмов оказываются различными: по амплитуде совпадают, а по акрофазе наблюдается расхождение в среднем на 3 ч.

Совпадение по амплитуде свидетельствует о возможности правильного обнаружения 12-часовой синусоиды температуры тела и частоты пульса даже при отсутствии измерений в ночное время. Расхождение в акрофазе 12-часовой синусоиды между данными группы лиц с измерениями в ночные часы и группы с отсутствием измерений указывает на систематическую ошибку при вычислении акрофазы 12-часовой синусоиды у группы лиц с отсутствием измерений в ночное время. Следовательно, 12-часовая синусоида температуры тела и частоты пульса может быть правильно обнаружена, но неправильно измерена, если отсутствуют измерения в ночные часы суток.

Воспроизводимость результатов работы механизма репрезентативности при правильном обнаружении и правильном измерении суточного биоритма показана в сравнении между собой результатов построения косиноровых тел для I и II групп с измерениями в ночное время. Как видно, качество обнаружения улучшается в группе I за счет уменьшения объема эллипса ошибок, вызванного большим числом хронограмм (31 против 11). При этом постоянство амплитуды 12-часовой синусоиды в обеих группах свидетельствует о том, что выборка измерения у II группы при $n = 11$ репрезентативна по отношению к гипотетическому среднему (при $n = 31$).

Достоверность результатов сравнения в работе механизмов репрезентативности оценена по нулевой гипотезе уровнем значимости 0,05, а по гипотезе H_1 — 0,01 соответственно. При этом наиболее близкий результат здесь впервые получен Ф. Хальбергом и др. [Halberg e. a., 1965] при оценке 24-часовой синусоиды физиологических показателей, а затем авторами, поименованными в п. 1.1. Однако Ф. Хальберг и др., а также другие авторы не исследовали показатели температуры, пульса, не выявляли 12-часовые синусоиды, не рассматривали возможности точного измерения синусоид при отсутствии данных в ночное время, не рассматривали репрезентативность выборочных данных по отношению к задачам обнаружения и измерения.

Основное отличие результата репрезентативности в планировании измерений суточных физиологических ритмов от известных результатов Хальберга и других авторов состоит в установлении следующих фактов: 1) 24- и 12-часовые синусоиды температуры тела и частоты пульса правильно обнаружимы как при наличии, так и при отсутствии измерений в ночные часы; 2) 24-часовые си-

нусоиды температуры тела и частоты пульса правильно измеримы как при наличии, так и при отсутствии измерений в ночные часы; 3) 12-часовые синусоиды при отсутствии измерений в ночные часы имеют акрофазу, систематически смещенную на +3 ч (должно быть 10 ч 30 мин и 22 ч 30 мин, фактически —13 ч 30 мин и 1 ч 30 мин).

Обнаружение 24- и 12-часовой синусоид и измерение параметров 24-часовой синусоиды происходят репрезентативно как при наличии, так и при отсутствии измерений в ночные часы, т. е. выборка измерений достаточно представительно характеризует генеральные средние параметры гармоник в одном и другом случаях.

5.3. ПРЕРЫВАЕМОСТЬ ВО ВРЕМЕНИ КРАТНЫХ СИНУСОИД КРИВОЙ РАЗНОСТИ (Р-КРИВОЙ) ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ ФРОНТОВ ЭЭГ

В п. 1.1 показана целесообразность рассмотрения закономерностей структуры ритмов на уровне центральной нервной системы. В частности, изучение свойств спонтанной ЭЭГ путем выявления часовых, минутных и секундных ритмов у человека обнаружило прерываемость во времени кратных синусоид Р-кривой ЭЭГ. Это было получено на основе улучшенного метода автоматического анализа ритмов Р-кривой на ЭЭГ.

Обоснование положения вытекает из использования методики регистрации Р-кривой на ЭЭГ, результатов подтверждения [Емельянов, 1976; рис. 23, *б*, 25, табл. 10—13] ранее установленных форм колебаний [Емельянов, 1966] и обнаруженных новых элементов— синусоид. В результате специальных приемов обработки, обоснованных в п. 2.3, выделены ритмы-синусоиды с часовыми, минутными и секундными периодами. Прерываемость во времени кратных синусоид Р-кривой ЭЭГ установлена также в результате обработки данных. Она показывает, что у одного и того же обследуемого в каждом из используемых нами биполярных отведений — лобно-теменного, лобно-затылочного, а также униполярных отведений — лобного, теменного, затылочного, в течение всего обследования неоднократно появляются и исчезают кратные синусоиды, каждая из которых имеет строго определенную собственную постоянную (при исчезновении и вторичном появлении) фазу. Несмотря на возможные различия в длительностях отдельных синусоид, их одновременное появление сопровождается характерным повторяющимся во времени рисунком. Продолжительность колебаний Р-кривой, установленной на примере 13,3-секундной синусоиды, составляет не менее 120 с, на примере 40-секундной синусоиды прослеживали ритм на протяжении 30 мин. Обнаруженные синусоиды рассматриваются как показатель устойчивой формы волны нелинейного биоритма Р-кривой ЭЭГ.

Воспроизводимость прерываемости во времени кратных синусоид ЭЭГ доказывается на контингенте 10 практически здоровых людей. Оказалось, что у разных индивидуумов величины периодов и выраженность синусоид неодинаковы. Кроме того, практически у всех 176 чел. визуально подтверждены описанные выше закономерности в разных комбинациях. Поэтому наиболее важным этапом воспроизводимости служили результаты с повторением обследования у одного и того же лица в разные дни. С этой целью нами у трех обследуемых снимались Р-кривые повторно, причем у одного из них на 2—4-й день. Результаты Р-кривой полностью подтвердили основные свойства прерываемости во времени кратных синусоид.

Достоверность прерываемости во времени кратных синусоид Р-кривой основана на уровне значимости 0,05 по нулевой гипотезе и 0,05 по конкурирующей. При этом нами ранее установлены проявления Р-кривой ЭЭГ в форме колебаний I и II рода. В литературе описаны близкие свойства цикличности Г-волн [Хомская, 1972]. Свойства колебаний I и II рода [Емельянов, 1966] изменений разности длительностей фронтов (ИРДФ) ЭЭГ и Г-волны позволяют говорить об участках временной периодичности, о прекращении и восстановлении периодичности, о возможности зашумления спонтанной периодичности. Однако из этих наиболее близких нам по объекту исследований результатов нельзя сделать выводов относительно возможности существования кратных синусоид. Кроме того, колебания ИРДФ и Г-волны регистрировались с помощью различных методических приемов и на основе этих приемов получены данные, частично подтверждающие друг друга в части единого целостного представления о динамике формы единичной волны ЭЭГ. Вместе с тем они существенно дополняют эти представления.

Основное методическое отличие регистрации Р-кривой ЭЭГ от прежней регистрации нами ИРДФ ЭЭГ состоит в замене каскада дифференцирующего звена на смешанную форсирующе-инерционную цепь и в установке дополнительно вторичного выходного инерционного звена с последующим использованием самописца «Биофизприбор» в режиме максимальной постоянной времени и минимальных скоростей. Это методическое отличие позволило нам существенно улучшить качество регистрации Р-кривой и вместе с тем сделать доступным ее длительное наблюдение. В результате получены новые данные по Р-кривым.

Основное отличие выявленной прерываемости во времени кратных синусоид Р-кривой ЭЭГ от вышеприведенных данных Е. Д. Хомской [1972] и наших прежних состоит в следующем: 1) на Р-кривой впервые обнаружены ритмы-синусоиды в дополнение к ранее установленным формам колебаний ИРДФ ЭЭГ, которые подтверждены на Р-кривых; 2) выделены ритмы-синусоиды с секундными, минутными и часовыми периодами; 3) динамика ритмов-синусоид протекает на частично перекрывающихся кратковременных интервалах, т. е. ритмы-синусоиды возникают и исче-

зают на интервале всего наблюдения неоднократно; 4) ритмы-синусоиды восстанавливаются в прежней фазе в отличие от ритмов ЭЭГ, т. е. их исчезновение на интервале наблюдения не прекращает их генерирование; 5) выделенные ритмы-синусоиды находятся в кратном отношении по периодам.

В. А. Илюхина [1977] исследовала медленные электрические процессы (МЭП), регистрируемые в диапазоне изменения малых величин потенциала, и установила их тесную связь с процессами межнейронного взаимодействия. Автор считает, что МЭП являются градуальной формой выражения процессов кодирования. В наших исследованиях [Емельянов, 1978] установлено, что очень близкий к МЭП ЭЭГ процесс в виде медленной (М-кривой) составляющей ЭЭГ практически не отражается на Р-кривой ЭЭГ, однако М- и Р-кривая имеют одинаковый частотный диапазон, спонтанный колебательный характер и закономерно изменяются при функциональных нагрузках, в частности при умственном напряжении. Отсюда можно думать, что МЭП, близкая к ним М-кривая и Р-кривая ЭЭГ, по-видимому, функционально дополняют друг друга в градуальной форме выражения процессов кодирования информации и отражают различные стороны межнейронного взаимодействия.

Пока исследования динамики медленных электрических процессов в головном мозге не позволяют ответить на вопрос об их генезе. Однако существует отчетливая тенденция связывать генез сверхмедленных колебаний потенциала (СМКП) мозга с процессами метаболизма или интерпретировать двойственность их происхождения, указывая на связь с процессами метаболизма, с одной стороны, и с активностью нейронно-глиальных популяций — с другой [Илюхина, 1977]. В частности, СМКП, возникнув в результате определенного метаболического напряжения, вызывающего изменения ионного транспорта через мембраны нейронов и глии, становятся фактором, влияющим на нейронную импульсную активность, и, таким образом, отражают звено регуляции, соединяющее энергетические и ионные механизмы с нейронной активностью [Аладжалова, 1979]. Н. А. Аладжалова считает, что СМКП характеризуют свойства сверхмедленной управляющей системы головного мозга.

Опираясь на данные В. А. Илюхиной и Н. А. Аладжаловой, можно предположить, что медленные волны и колебания на Р-кривой скорее отражают одни и те же гуморальные влияния. Это предположение основано на фактах длительного латентного периода реакций, способности Р-кривой отражать реакции только на сильные продолжительные воздействия, инертности реакций (продолжается длительное время — до 30 с) после выключения раздражителя, зависимости появления реакций от фонового состояния. Возможно, что Р-кривые отражают некоторые особенности градуальных регуляций, осуществляемых этой системой. Одна из них — выявленная прерываемость во времени синусоид Р-кривой ЭЭГ. Таким образом, прерываемость может служить показа-

телем качества управления в головном мозге гуморальным путем.

В этом аспекте направленное влияние на долгосрочную память с помощью фармакологических средств возможно при участии механизмов краткосрочной памяти за счет мобилизации адаптивных процессов саморегуляции деятельности мозга [Бехтерева, 1976].

Теоретическое и практическое значение выявленной прерываемости во времени кратных синусоид Р-кривой ЭЭГ, таким образом, состоит: 1) в обнаружении новых информативных показателей состояния головного мозга наряду с ЭЭГ, но в более широком спектре, чем ЭЭГ; 2) в систематическом измерении показателей медленной управляющей системы, отражающей нейрохимические механизмы регуляции; 3) в последующем отождествлении прерванных синусоид и на этой основе доказательства о существовании в головном мозге непрерываемой ритмической модуляции нервных процессов на частотах, кратных суточной; 4) в возможной индикации суточного времени в организме с дроблением его на часы, минуты, секунды.

5.4. ПОВТОРЯЕМОСТЬ РИСУНКА Р-КРИВЫХ ЭЭГ

Повторяемость рисунка Р-кривой состоит в том, что на отдельных временных участках у разных отведений ЭЭГ, сравниваемых попарно, наблюдается практически одинаковый рисунок или детали рисунка в форме отдельных волн Р-кривой, причем рисунок одного отведения может быть упрежден по времени, синхронным (синфазным, противофазным) или запаздывающим.

Обоснованность данных о повторяемости рисунка вытекает из специально проведенных расчетов с Р-кривыми [Емельянов, 1976; табл. 10, 13—16] и иллюстрируется визуально. Повторяемость установлена методом корреляционного анализа и путем сравнительного анализа распределения коэффициентов корреляции участков Р-кривой с гипотетическим свойством повторяемости и контрольных участков с гипотетическим отсутствием повторяемости. Продолжительность существования повторяемости рисунка Р-кривой в пространственных записях и форма рисунка установлены методом построения косиноровых тел. В процессе детализации повторяемости рисунка Р-кривой ЭЭГ уточнено: 1) длительность повторений колеблется в пределах 10—120 с; 2) смещение повторяемых рисунков по фазе составляет до 6 с у сравниваемых отведений; 3) структура рисунков — кратные синусоиды различных периодов, например 40, 20, 13,3, 6,65 с; 4) в отдельных случаях кратные синусоиды прерываются во времени и возникают в той же фазе. Названные уточнения не только детализируют данные о повторяемости рисунка Р-кривой, но и конкретизируют отличительные свойства самой Р-кривой от свойств визуальной записи мгновенных значений ЭЭГ.

Воспроизводимость данных о повторяемости рисунка Р-кривой в пространственных записях ЭЭГ вытекает из следующего: 1) трехкратных совпадений рисунка Р-кривой отведений лобного, теменного, затылочного; 2) неоднократных (два — четыре) временных участков с повторяемостью в пределах одного непрерывного обследования и свойств установленной прерываемости кратных синусоид Р-кривой; 3) выявления повторяемости рисунка Р-кривой ЭЭГ в разные дни исследования.

Достоверность данных о повторяемости рисунка Р-кривой, т. е. во-первых, повторяемость не методический артефакт, и, во-вторых, она визуально не субъективна. Все это вытекает из следующего: 1) смежного чередования участков синфазности и противофазности в период повторяемости, исключающего объяснение повторяемости за счет влияния систематического ложного фактора; 2) данных, содержащих результаты обнаружения временных участков с повторяемыми синусоидами на разных отведениях, полученных в результате специального формирования измерений временных рядов в ансамбль реализаций и последующего построения косиноровых тел. Уровень значимости обнаружения — 0,05 на нулевой гипотезе и 0,01 на конкурирующей.

Близкий эффект получен и описан Е. Ю. Артемьевой и др. [1965], Е. Ю. Артемьевой и Л. Д. Мешалкиным [1965]. Авторы исследовали записи ЭЭГ в практически аналогичных условиях, сделанные на большой скорости, выявили графически так называемые Г-волны, описали 1) перемещения Г-волн от лба к затылку; 2) синхронизацию асимметрии на отдельных участках ЭЭГ в различных отведениях, наблюдаемую на фоне зашумленных Г-волн. Синхронизация состоит в совпадении рисунка асимметрии по фазе в течение 20—40 с. Общие элементы в исследованиях названных авторов и нашем состоят: 1) в методически одинаковой цели — получать сведения об изменениях разности длительностей фронтов (ИРДФ) ЭЭГ во времени; 2) в установленном существовании колебаний ИРДФ ЭЭГ, в том числе и с периодом 4—10 с (Г-волны асимметрии), в разных отведениях у здорового человека; 3) в «зашумлении» колебаний Г-волн; 4) в пространственной синхронизации асимметрии на фоне зашумленных Г-волн. Эти общие элементы впервые установлены и описаны названными авторами, и в них можно найти косвенное дополнительное подтверждение нашим данным.

Основные отличие данных о повторяемости рисунка Р-кривой в пространственных записях ЭЭГ от ранее описанной синхронизации асимметрии ЭЭГ в работах Е. Ю. Артемьевой и других авторов состоят: 1) в установлении не только эффекта синхронизации, но и упреждения, запаздывания рисунка при сравнении отведений, что является первым принципиальным отличительным свойством повторяемости; 2) в отсутствии связи повторяемости с зашумлением Г-волн (повторяемость выявляется и исследуется как возникновение на отдельных временных участках кратных синусоид с различными акрофазами, которые могут исчезать при «зашумле-

нии», что является вторым принципиальным отличительным свойством повторяемости от ранее наблюдавшейся названными авторами синхронизации.

Другие отличия повторяемости Р-кривой от синхронизации асимметрии (более широкий диапазон продолжительности — до 120 с), шестисекундный предел по смещению рисунков, описание структуры повторяемых рисунков Р-кривой кратными синусоидами с периодом 40, 20, 13,3, 6,65 с, связь повторяемости со свойством ранее обнаруженной нами прерываемости синусоид Р-кривой) описаны выше в обосновании данных о повторяемости. Все названные отличия не вступают в противоречие с данными приведенных авторов, полученными ими ранее, а служат существенным дополнением к имеющемуся материалу о свойствах временной динамики формы волны ЭЭГ [Генкин, 1962; Хомская, 1972]. Доказательством тому являются описанные выше элементы сходства между свойствами синхронизации асимметрии, Г-волн, с одной стороны, и свойствами повторяемости рисунка Р-кривой, колебаниями Р-кривой — с другой, полученными при исследовании одного и того же явления — формы единичной волны ЭЭГ на основе разности длительностей фронтов ЭЭГ.

Дополнения, вызванные отличиями, получены в результате использования нами методики регистрации формы волны, существенно другой, чем методика, описанная названными авторами. Отличия состоят: 1) в ином фоновом состоянии обследуемых; 2) в непрерывной электрической регистрации мгновенных значений Р-кривой на АВМ; 3) в автоматическом анализе записи Р-кривой путем сглаживания высокочастотных флюктуаций и фильтрации от постоянной помехи, имеющей место в реальной записи ЭЭГ; 4) в описании применения специальной системы контроля за обнаружением формы волны, точностью ее измерения и защиты от медленной компоненты ЭЭГ; 5) в «ручном» анализе на ЭВМ временных рядов Р-кривой ЭЭГ. Вполне возможно, что в результате названных методических отличий Р-кривая характеризует расширенную область спектра ранее установленных колебаний асимметрии и Г-волн.

Близкий эффект по отношению повторяемости рисунка Р-кривой ЭЭГ наблюдается в виде перемещения пространственно-временных характеристик (ПВХ) мгновенных значений ЭЭГ, происхождение которого связывают с теорией реверберации возбуждения в таламокортикальных путях [Дубикайтис, 1977]. Это в сочетании с нашими прежними данными [Емельянов, 1966] усиливает гипотезу о природе повторяемости Р-кривых благодаря влиянию глубоких отделов мозга на кору, что находит свое подтверждение в классических представлениях П. С. Купалова [1978] о механизмах двойственности регуляции коры головного мозга.

Интересно отметить, что перемещения векторов ПВХ оказались, как и Р-кривая ЭЭГ, в тесной взаимосвязи с психологическими тестами [Шеповальников и др., 1980]. Однако повторяемость Р-кривых ЭЭГ, в отличие от описанных ПВХ ЭЭГ, характе-

ризуется пространственным постоянством секундной и декасекундной длительности. Это означает, что повторяемость Р-кривых ЭЭГ пространственно может изображаться парой точек, между которыми устанавливается как бы канал высокой проводимости. Действительно, всякое видоизменение рисунка Р-кривой в одной точке на протяжении секунд незамедлительно воспроизводится в другой. Можно предположить, что повторяемость Р-кривой ЭЭГ позволяет исследовать механизмы системы обеспечения психической деятельности, как и свойства временной структуры Р-кривых и ПВХ ЭЭГ. Обоснованием этому служат представления Н. П. Бехтеревой и др. [1980], согласно которым на уровне нейронов предполагается, что между точками, относящимися к системе обеспечения психической деятельности, в условиях ее реализации происходит избирательное повышение электропроводности при установлении самого факта образования канала. Это предположение было основано на обнаружении указанными авторами канала высокой проводимости между соответствующими парами точек в момент активации артифициальных стабильных функциональных связей [Смирнов, Бородкин, 1979].

Исследование, таким образом, гибких звеньев головного мозга по данным Р-кривой ЭЭГ и жестких звеньев управления циркадной ритмики с использованием единой методологии представляется перспективным. В частности, по нашему мнению, это будет способствовать дальнейшему развитию методов изучения авторегуляционных свойств центральной нервной системы [Сороко и др., 1976, 1977; Шишкин, 1975] и методов анализа сигналов мозгом [Кратин, 1977], а также более детальному выявлению нейрофизиологических механизмов сна [Демин и др., 1978].

*

* *

Рассмотрение некоторых прикладных аспектов анализа статистической гармоничности хронограмм позволило сформулировать предложения по планированию исследований, а также выявить прерываемость во времени кратных синусоид кривой разности (Р-кривой) длительностей фронтов ЭЭГ и повторяемость рисунка Р-кривых ЭЭГ.

Следует подчеркнуть самостоятельное значение математического моделирования, которое направлено на сопоставление данных о структуре суточного ритма температуры тела у лиц с алиментарной дистрофией с данными контрольной группы с целью выяснения зависимости структуры ритма от особенностей методики ее выявления. В качестве контроля выбрана группа лиц в динамике умеренной гипокинезии с пропуском измерений в ночные часы (так же, как и у группы лиц с алиментарной дистрофией) и без пропуска измерений.

Результаты сравнительного анализа моделирования подтверждают постоянство формы суточной волны в контрольной группе

и у лиц с алиментарной дистрофией в аналогичных методических условиях.

В связи с изложенным имеется возможность сформулировать рекомендации по применению разработанной методологии.

Проведенное с помощью предлагаемых методов построение косиноровых тел и косиноровых пещер для оценки адаптационных перестроек в суточных хронограммах указывает на целесообразность разработки серийной аппаратуры и методов автоматической регистрации суточных хронограмм с клинико-диагностическими целями.

При проведении экспериментальных и клинических исследований с одновременной регистрацией ряда показателей в основной и контрольной группах наблюдений рекомендуется использовать разработанные схемы имитационного моделирования научного эксперимента, что позволяет повысить точность статистической обработки.

Планирование физиологического эксперимента по выявлению формы суточной волны при отсутствии измерений в ночные часы приводит к смещению оценок 12-часовой синусоиды в среднем на 3 ч, но не искажает параметры 24-часовых синусоид. Поэтому при получении данных о форме волны желательно ограничиваться немногочисленными, но обстоятельными обследованиями без пропусков измерений в ночное время.

Предлагаемая методология анализа рекомендуется для обработки данных научного эксперимента в виде ансамбля хронограмм не только в области изучения суточных физиологических ритмов, но и ритмов с другими периодами как физиологической, так и другой биологической природы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате развития проблемы изучения структуры физиологических ритмов методами статистического анализа и моделирования разработаны теоретические положения о структуре, создана методология ее выявления, описания и исследования. На основе методологии экспериментально подтверждены теоретические положения. Все это позволило резюмировать изложенное следующими обобщенными положениями.

Прежде всего установлена целесообразность развития и обобщения процедуры Косинор-анализа для выявления, анализа и моделирования скрытой структуры физиологических ритмов. Воспроизводимые Косинор-анализом эпифазия температуры тела в условиях гипокинезии, гипокимия температуры тела и частоты пульса в дневные часы не выявляются при сопоставлении средних значений. Это указывает на перспективность Косинор-анализа, однако его возможности ограничены. Так, хронограмма IV типа С. О. Руттенбург с 20 до 24 ч характеризуется повышением активности, а по Косинор-анализу, напротив, понижением. Для преодоления ограничения Косинор-анализа нами предложено построение косиноровых тел, где результат Косинор-анализа учитывается как элемент более сложной кривой, детальнее отражающий хронограмму. Это позволило с помощью Косинор-анализа полностью расщепить структуру ранее описанных суточных кривых температуры тела [Chossat, 1843; Toulouse, Pieron, 1907; Osborne, 1908; Руттенбург, 1966], артериального давления [Fahrenkamp, 1921; Katsch, Pansdorf, 1922; Kylin, 1922; Руттенбург, 1971], частоты пульса [Hildebrandt, 1955; Руттенбург, 1966], частоты дыхания [Щербакова, 1949; Philipsborn, 1955], мышечной силы кисти [Бух, 1883; Поварнин, 1883; Руднев, 1883; Носович, 1890; Васильев, 1953; Демьяненко, Коробков, 1954; Скрябин, Табарчук, 1962] и показателей возбудимости коры больших полушарий [Славина, 1936]. Полученные результаты являются принципиально новыми и подтверждают важность расщепления структуры процесса для понимания его механизмов.

Значение расщепления временной структуры суточной хронограммы на примере температуры тела у группы людей из Якутии и последующей реконструкции состоит в выявлении формы волны суточного ритма на основе Косинор-анализа и 12-часовой сину-

соиды, а также формирования сглаженной хронограммы, маскирующей эту ритмику апериодической помехой. Все это объединяет традиционный анализ хронограмм, Косинор-анализ и новую задачу — анализ формы волны — в одно целое, открывает возможность сопоставления результатов, полученных разными авторами и разными методами.

Синусоиды нами рассматриваются как элементы структуры, отражающие способность организма к прецизионному отсчету времени на основе собственной циркадной ритмики. Эофазия и эокимия обнаруженных синусоид, а также нарушение порядка их взаиморасположения подчеркивают значение гармоник в суточном биоритме, которые, по-видимому, определяют периодичность физиологических процессов на коротких временных интервалах.

Изменение ритмики всегда имеет приспособительное значение, т. е. является одним из конкретных выражений адаптации организма [Вишневский, 1976]. Изменчивость параметров синусоид мы связываем с процессами адаптации к природным и социальным условиям. Считаем, что параметры циркадных и ультрадных ритмов являются отражением преадаптивных функций [Василевский, 1976], потенциальной адаптируемости [Моисеева, 1978] и активации адаптационных возможностей при синхронизации процессов [Баевский, 1976]. В процессе адаптации период синусоиды может рассматриваться как датчик интервалов времени в механизмах оценки состояния внешней среды.

Обратим внимание на вероятностно-статистический характер структуры суточного ритма и замаскированное постоянство формы его волны. Обнаруженная нами двухвершинность суточной кривой температуры тела в разных условиях при отсутствии 8-, 6-часовых синусоид с более короткими периодами убеждает в инертности суточной терморегуляции [N. Kleitman, E. Kleitman, 1953; Гаршенин, Копанев, 1978]. Эта двухвершинность подтверждается на хронограммах в кривых II типа С. О. Руттенбург [1966] и свидетельствует о взаимосвязи I и II типов. Вместе с тем амплитуды 0,3—0,7°С у 24-часовой синусоиды и 0,15—0,35°С у 12-часовой соответствуют среднесуточному размаху 0,5—1,0°С, установленному К. П. Ивановым [1972].

Воспроизводимость выявляемой нами формы суточных волн доказывается путем сопоставления отдельных ее элементов с данными из литературы. Такие элементы, как 24-часовые синусоиды частоты пульса и артериального давления, установил ранее В. А. Матюхин [1971], а увеличение артериального давления вечером и уменьшение его в 4 ч отмечали Ф. И. Комаров и др. [1966]. Достоверность двухвершинности, например, частоты пульса доказывается нами усилением контрастной формы суточной волны при добавлении 8-часовой синусоиды. При этом постоянство двухвершинности у разных показателей обеспечивается включением разных элементов.

Аналогичное явление, выражающееся в постоянстве реакций при наличии изменчивости ее компонент, было описано на приме-

ре двигательных реакций Н. В. Зимкиным [1955, 1967, 1969]. Из наших данных, полученных на основе анализа хронограмм, вытекает то же постоянство реакций на выходе системы за счет динамического включения различных компонентов-синусоид в одну и ту же деятельность. Примером этого может служить постоянство двухвершинного характера суточных кривых, обеспечиваемое разными синусоидами.

Сопоставление наших данных по дисперсиям ритмов и росту лабильности по мере перехода от суточных ритмов на более быстрые ритмы ЦНС указывает на то, что более высоким формам нервной деятельности свойствен вероятностно-статистический характер, который отчетливо выражен в секундных и минутных ритмах Р-кривой ЭЭГ. Наоборот, для элементарных форм деятельности характер детерминированности выражен в меньшей степени, и он нашел свое отражение в более медленных компонентах структуры суточного ритма, например температуры тела. Таким образом, открывается возможность изучать полученные нами данные с точки зрения гипотезы А. Б. Когана [1973] о вероятностно-статистической организации нервной системы.

Макросинфазность суточных синусоид, наблюдаемая в широком спектре жизнедеятельности, служит отражением суточного стереотипа. Макросинфазность синусоид температуры тела, а также частоты пульса в широком спектре разнообразных условий жизнедеятельности свидетельствует о связи между собой уровней регуляции текущего состояния организма. Наличие подобных связей подтверждено в работах А. Д. Слонима [1954], С. О. Рутенбург и А. Д. Слонима [1976] и других авторов, которые доказали, что формирование и перестройка суточной активности у человека определяется и социальными и психологическими факторами. Это означает, что макросинфазность суточной ритмики в широком спектре условий жизнедеятельности, как и постоянство ее формы, отражает социально обусловленный стереотип. В дополнение к представлениям А. Д. Слонима нами показан сложный, вероятностно-статистический характер структуры суточных биоритмов, выявляемый с помощью методов статистического анализа и моделирования. Согласно принятой нами модели, эта структура включает в себя как бы обязательный, детерминированный компонент в виде суточной волны определенной конфигурации для лиц данной группы и статистическую «помеху», природа которой определяется индивидуальными различиями внутри группы и индивидуально типична [Aschoff, Wever, 1980]. Таким образом, результаты структуры ритма, основанные на модельном представлении, позволили экспериментально выделить «жесткие» и «гибкие» звенья во взаимном расположении как ритмов разных показателей (пространственная структура), так и синусоид у ритма отдельного показателя (временная структура).

Используя положения Н. П. Бехтеревой [1966, 1974, 1976] о «гибких» и «жестких» звеньях интегративной деятельности мозга, нам представляется возможным объяснить «жесткую» воспро-

изводимость формы суточных ритмов посредством стабильной комбинации компонентов, а «гибкую» микроизменчивость — варьирующим набором различных составляющих синусоид. Все это позволяет говорить о более широкой сфере приложения теории о «гибких» и «жестких» звеньях системы.

Помимо макросинфазности 24-часовых синусоид и кратных им 12-часовых, образующих постоянно воспроизводимую форму суточной волны температуры тела и частоты пульса в широком спектре разнообразных условий жизнедеятельности, о макросинфазности изменений свидетельствуют также выявленные нами 48-часовые синусоиды. Их наличие можно объяснить как результат изменения активности при 48-часовом обследовании. Наблюдаемый микродесинхроноз среди акрофаз 48-часовых синусоид различных показателей с первичным вовлечением показателей ВНД среди других согласуется данными Б. С. Алякринского [1972, 1975, 1977]. При этом микроизменения обнаруженных нами 48-часовых синусоид на фоне скрытой формы суточной волны можно рассматривать как дополнительную информацию о внутреннем десинхронозе [Газенко, Алякринский, 1970], который проявляется в наложении апериодичностей на суточный ритм при действии экологических и социальных факторов.

Микроизменчивость синусоид и их соотносительный характер отражают процессы адаптации. Разнообразие неспецифических адаптационных реакций достаточно хорошо освещено в литературе [Данишевский, 1968; Кандрор, 1968], и в дополнение к ним наблюдаемые нами нарушения порядка чередования показателей, микроизменчивость при физических нагрузках, психоэмоциональном напряжении и изменении температуры окружающего воздуха разрушают стереотип в структуре биоритмов, что облегчает процесс адаптации к новым условиям [Моисеева и др., 1977]. Это убеждает в том, что тонким критерием завершенности адаптаций являются характеристики ритмов [Василевский, 1973]. В нашем случае дополнительным свойством, определяющим состояние ритмики, служит учет порядка чередования акрофаз одинопериодных элементов циркадной ритмики разных показателей и абсолютные значения параметров синусоид, характеризующих микроизменчивость. Значение полученного свойства состоит в том, что оно может быть полезным для исследователей как дополнительный прием в оценке степени потенциальной адаптируемости.

Наблюдаемое нами уменьшение параметров дисперсии индивидуальных отклонений от среднегрупповой 12-часовой синусоиды при понижении температуры окружающего воздуха до —56°С может служить характеристикой понижения физиологического резерва у лиц обследуемой группы. Доказательством тому служит наиболее низкая величина дисперсии у группы лиц с алиментарной дистрофией. Воспроизводимость этой закономерности подтверждается в работе А. А. Айдаралиева и А. Л. Максимова [1980] на динамике дисперсии других физиологических показателей. Авторы установили, что частота пульса и дыхания, артериальное

давление могут служить информативными показателями адаптации коллектива к экстремальным факторам окружающей среды. А именно время до возникновения пика дисперсии каждого показателя в период функционального тестирования характеризует физиологический резерв изучаемой группы при оценке ее как единого целого.

Совпадение сезонных параметров 24-часовых синусоид с данными Ф. Хальберга [Halberg, 1966] и В. А. Матюхина и др. [1976] в летнее время в Приморье и наших данных о показателях частоты пульса на Крайнем Севере, а также нормальность температуры тела в Якутии свидетельствуют, что через 2—5 лет на Севере формируется устойчивое состояние организма. Действительно, в условиях Крайнего Севера зимой и летом нами получено практическое совпадение реконструированных суточных ритмов температуры тела и частоты пульса в дневное время, несмотря на то, что для температуры тела зимой в ночное время минимум составил 36,0°, а летом 36,2°С. Это подтверждается и другими данными [Sasaki, 1964]. Однако среднесуточные значения у нас ниже на 0,2°С, что объясняется длительными холодовыми воздействиями на организм человека [Якименко и др., 1979].

Известно, что приспособительные реакции к холоду не являются ведущими [Василевский и др., 1978]. Это позволяет понять, почему понижается среднесуточный уровень температуры тела до 36,48°С вместо ожидаемого его повышения по мере понижения температуры окружающей среды у группы из Норильска, а именно более важным фактором, определяющим значение уровня, оказалась физическая активность.

Дэн Су-И [1960] наблюдал повышение размаха суточной кривой температуры тела при охлаждении. В этой связи гиперкимия 12-часовой синусоиды температуры тела и отсутствие аналогичной синусоиды в показателе мышечной силы (например, левой руки) могут свидетельствовать в пользу «несократительного термогенеза» [Слоним, 1964; Иванов, 1972; Янски, 1980] для адаптации к холоду.

Обобщение наших данных и данных других авторов [Турчинский и др., 1975; Демин и др., 1975; Асланян и др., 1976; и др.] позволяет считать, что критерием «оптимума» у большинства групп служит порядок чередования акрофаз 24-часовых синусоид частоты пульса, затем температура тела с разностью их значений в пределах одного часа (здесь и в дальнейшем рассматриваем их с учетом ±0,5 часовой ранжировки, т. е. —0,5, +0,5 ч). Данные групп контроля убеждают в том, что в результате выявляемого нами неравномерного усиления (ослабления) суточной активности (как двигательной, так и эмоциональной) наблюдается микродесинхроноз. Механизм микродесинхроноза заключается в эпифазии (протофазии) синусоиды частоты пульса и одновременно в протофазии (эпифазии) синусоиды температуры тела на соответствующее усиление (ослабление) физической активности или психоэмоциональное напряжение. Поэтому вычисляемый десинхроноз

характеризуется нормальным порядком чередования акрофаз (частота пульса, температура тела) при гипокинезии нарушением его (температура тела, частота пульса) при усилении двигательной, а также эмоциональной активности.

Все это позволяет понять особенность протекания процесса адаптации, в частности, в Якутии. А именно сохранение порядка нормального чередования акрофаз, но нарушение нормальных пределов между акрофазами вынуждает говорить о развивающемся десинхронозе вследствие гипокинезий. Другие особенности протекания адаптации заключаются в том, что нормальный порядок чередования акрофаз некоторых показателей (диастолическое, затем систолическое артериальное давление, частота пульса) нарушается (частота пульса, систолическое, затем диастолическое давление). Отметим также, что у лиц контрольной группы из Якутии не удалось выявить суточную синусоиду количества циклов дыхания за минуту в отличие, например, от группы из Киргизии, что позволяет нам, сопоставляя наши материалы с данными Т. К. Абдылдабекова и М. Т. Туркменова [1975], связывать процесс адаптации на равнине и высокогорье у обследуемых групп соответственно с гипокимией и гиперкимией этой синусоиды.

Значения акрофаз суточных синусоид частоты пульса и температуры тела (15 и 18 ч, 15 и 17 ч соответственно) в выбранных пределах изменений у всех обследуемых групп оказываются воспроизводимыми с таким высоким постоянством ($\pm 0,5$ ч), что даже незначительная эофазия, которая замаскирована диапазоном установленных изменений у контрольных групп, находящихся в разных психологических условиях, тем не менее четко обнаруживается в одних и тех же социально однородных условиях на фоне контроля.

Нарушение порядка чередования акрофаз показателей при физическом и эмоциональном напряжении отражает дестабилизацию, способствующую формированию иного уровня гомеостатической регуляции, что подтверждается динамикой дисперсии биоэлектрических ритмов в процессе адаптивного регулирования [Василевский, 1973], а также в индивидуальных различиях адаптационных способностей [Зингерман и др., 1974]. Микроизменчивость синусоид, по-видимому, тесно связана с механизмами пластичности ЦНС.

Сформулируем теперь представление о «жестких» и «гибких» звеньях в структуре биоритмов ЦНС на основе свойств прерываемости и повторяемости кратных синусоид в минутных и секундных ритмах. Упоминаемая выше теория Н. П. Бехтеревой о «гибких» и «жестких» звеньях может быть распространена и на структуру биоритмов ЦНС, что подтверждается нашими исследованиями электрофизиологических колебаний с секундными, минутными и часовыми периодами на кривых разности (Р-кривые) длительностей фронтов ЭЭГ. Выбор этих кривых объясняется их свойством отражать изменения, происходящие в глубоких отделах мозга, не всегда выявляемые на фоновой ЭЭГ.

Ритмика Р-кривых на прерывающихся секундных, минутных и часовых синусоидах с кратными периодами имеет различную продолжительность. На примерах обнаружения 13,3-секундной синусоиды она составляет не менее 120 с, 40-секундной синусоиды — не менее 240 с, 4000-секундной синусоиды ритм прослеживается на протяжении 30 мин. Кратность выделенных синусоид может свидетельствовать о существовании устойчивой формы волны, замаскированной прерываемостью. Можно предположить, что структура Р-кривой включает жесткие (наложение кратных синусоид) и гибкие (конфигурация Р-кривой на интервалах прерываемости) звенья.

В основу дальнейшего исследования Р-кривых ЭЭГ положена хорошо известная концепция И. П. Павлова и Л. А. Орбели о пусковых и регуляторных механизмах нервной деятельности. Названная концепция была развита А. М. Зимкиной [1961, 1964, 1975, 1978] применительно к изучению функционального состояния ЦНС и роли в этом процессе тонического компонента. Это позволило объяснить установленную нами видимую повторяемость рисунков Р-кривой ЭЭГ в различных пространственных отведениях, весьма сходную с феноменом Г-волн, описанным ранее Е. Д. Хомской [1972] как аналог проявлений межнейронных перестроек «неспецифического типа» [Раева, Ливанов, 1975], регистрируемых во многих различных подкорковых образованиях.

Повторяемый рисунок Р-кривой характеризуется кратными синусоидами с фиксированными начальными фазами. Отметим, что по мере укорочения периодов на Р-кривой в сравнении с периодами ультрадных ритмов видна бо́льшая роль во времени и в пространстве «гибких» звеньев регуляции. Данные по Р-кривым ЭЭГ подтверждают наши прежние предположения об источнике их активности в глубоких отделах мозга и могут быть обоснованы на представлениях о реверберации возбуждения в таламокортикальных путях [Andersen, Andersen, 1968].

Полученные нами результаты статистического анализа структуры Р-кривых оказываются как бы упорядоченными в шкалу возможных состояний косиноровых тел. Можно предположить, что функциональное значение такого упорядочения состоит в «выражении одного из общих принципов структурно-функциональной организации головного мозга, обеспечивающего многообразие адаптивных нормальных и патологических реакций» [Илюхина, 1979]. В пользу этого предположения свидетельствуют общие для Р-кривых ЭЭГ и медленных электрических процессов головного мозга амплитудно-временные характеристики, «паттерны», а также элементы сходства при подробном качественном описании свойств названных кривых. Кроме того, мы предполагаем, что прерываемость и повторяемость Р-кривых ЭЭГ могут иметь отношение к системе обеспечения психической деятельности.

Перспектива исследования структуры физиологических ритмов в процессе адаптации прежде всего состоит в том, что модели косиноровых тел являются удобным приемом изучения связей, ко-

торые определяют временную структуру физиологических циркадных, ультрадных, минутных и секундных ритмов. Более сложная модель — косинорова пещера — позволяет устанавливать симультанные зависимости и временные иерархии физиологических ритмов различных систем в организме. На основе обеих моделей мы детализированно используем всю информацию о структуре ритмов, содержащуюся в хронограмме. Вот почему, несмотря на то что нарушение структуры ритмов не обязательно сопровождается патологией [Казначеев, Шорин, 1975; Моисеева, 1976], тонкая структура физиологических ритмов точно отражает ход процессов физиологической адаптации, и поэтому ее анализ может способствовать повышению качества профилактического контроля.

В. П. Казначеев [1975, 1980], указывая на основные особенности адаптации в полярных районах, выделяет «синдром полярного напряжения» с учетом ведущего этиологического значения космических излучений, а также магнитных возмущений длительностью от минут до часов. Исследования структуры физиологических ритмов позволяют выделять в организме процессы той же длительности. Поэтому представляются особо перспективными исследования совместно с Институтом космофизических исследований и аэрономии Якутского филиала СО АН СССР по выяснению степени влияния космических факторов на структуру биоритмов с целью более полной оценки дестабилизации гомеостаза, в частности глубокого десинхроноза [Баевский, 1974; Баженова и др., 1974], снижения устойчивости и сужения диапазона нервно-психических, двигательных и вегетативных функций [Сороко, 1976], повышения напряжения работоспособности и снижения точности сенсомоторных действий [Бундзен, 1972], в активации процессов свободнорадикального окисления и изменения уровня ферментативных и неферментативных антиоксидантов [Казначеев, 1975], в активации азотистого и липидного обмена [Рябинин, 1973]. Вместе с тем этот подход в наиболее полной мере отражает возможности изучения структуры в современной экзогенно-эндогенной [Браун, 1977] теории биологических часов, основанной на космогеофизических факторах [Hahn e. a., 1971] и концепции хронона [Eakin, 1972].

Все это позволяет надеяться, что формирование биоритмологии на основе построения и моделирования косинoровых тел и косиноровых пещер в спектральную биоритмологию позволит открыть новые, не менее интересные перспективы в понимании взаимодействия биоритмов, формирующих сложные стереотипные акты, а также будет способствовать поиску новых эффективных средств расщепления и исследования тонкой структуры физиологических ритмов, отражающих скрытые закономерности адаптаций и их специфику.

ЛИТЕРАТУРА

Абдылдабеков Т. К., Туркменов М. И. Суточяый ритм легочного дыхания у постоянных жителей низко- и высокогорья.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 5—7.

Авцын А. П. Введение в географическую патологию.— М.: Медицина, 1972.— 328 с.

Агаджанян Н. А. Ритмы жизни и проблемы адаптации.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 11—13.

Адаптация организма к изменяющимся условиям существования/Отв. ред. А. В. Коробков.— М., 1979.— 60 с.

Адаптивная саморегуляция функций/Отв. ред. Н. Н. Василевский.— М.: Медицина, 1977.— 327 с.

Айдаралиев А. А., Максимов А. Л. Дисперсия физиологических показателей как характеристика состояния адаптированности коллектива.— Физиология человека, 1980, т. 6, № 1, с. 121—127.

Аладжалова Н. А. Психофизиологические аспекты сверхмедленной ритмической активности головного мозга.— М.: Наука, 1979.— 214 с.

Алгоритмы случайного поиска/Отв. ред. Л. А. Растригин.— Рига: Зинатне, 1969.— 374 с.

Александров В. А., Ивницкий В. А. Оценка результатов моделирования при неточной входной информации.— Изв. АН СССР. Техн. кибернетика, 1978, № 2, с. 92—99.

Алякринский Б. С. Проблемы скрытого десинхроноза.— Космич. биология и авиакосмич. медицина, 1972, № 1, с. 32—37.

Алякринский Б. С. Основы научной организации труда и отдыха космонавтов.— М.: Медицина, 1975.— 208 с.

Алякринский Б. С. Современное состояние космической биоритмологии.— Космич. биология и авиакосмич. медицина, 1977, № 2, с. 3—12.

Андерсон Т. В. (Anderson Т. W.). Введение в многомерный статистический анализ.— М.: Физматгиз, 1963.— 500 с.

Андерсон Т. В. (Anderson Т. W.). Статистический анализ временных рядов.— М.: Мир, 1976.— 744 с.

Аракчеев А. И., Коваленко Л. А., Егунова М.М. и др. Циркадный ритм функции внешнего дыхания у здоровых лиц в условиях измененяого режима трудовой деятельности.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 65.

Артемьева Е. Ю., Мешалкин Л. Д. Некоторые итоги изучения феномена Г-волн.— В кн.: Статистическая электрофизиология. Ч. II. Вильнюс: изд. Вильнюс. ун-та, 1968, с. 29—49.

Артемьева Е. Ю., Мешалкин Л. Д., Хомская Е. Д. О периодических колебаниях асимметрии восходящего и нисходящего фронтов α-ритма, способах их регистрации и возможном физиологическом значении.— В кн.: Математический анализ электрических явлений головного мозга. М.: Наука, 1965, с. 87—94.

Асланян Н. Л. Суточный ритм Na/K слюны и его изменения под влиянием АКТГ, преднизолона, ДОКСа и курения у больных гипертонической

болезнью.— Журн. эксперим. и клин. медицины, 1966, т. VI, с. 39—45.

Асланян Н. Л. Применение метода наименьших квадратов для изучения суточных ритмов выделения электролитов у больных гипертонической болезнью.— В кн.: Недостаточность миокарда. (Тез. докл.). Ереван: изд. Ин-та кардиологии им. Л. А. Оганесяна, 1974, с. 179—181.

Асланян Н. Л., Адамян К. Г., Григорян С. В., Багдасарян Р. А. Применение метода «косайнора» для выделения нарушения суточных ритмов электрической активности сердца у больных коронарным артериосклерозом (предв. сообщ.).— В кн.: Проблемы современной электрокардиологии. Ереван: изд. АН АрмССР, 1976, с. 90—92.

Ашофф Ю. (Aschoff J.). Эндогенные и экзогенные компоненты циркадных ритмов.— В кн.: Биологические часы/Пер. с англ. М.: Мир, 1964, с. 27—59.

Багиров Б. Г., Моммадов И. М. Сезонные и суточные показатели артериального давления и частоты сердечных сокращений у людей при работе в аридных условиях.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 14—15.

Багриновский К. А., Багинская Н. В., Баженова А. Ф. и др. Математический анализ циркадных систем организма на основании процедуры «Косинор».— В кн.: Кибернетические подходы к биологии. Новосибирск: изд. Ин-та гидродинамики СО АН СССР, 1973, с. 196—209.

Баевский Р. М. Саморегуляция биологических ритмов как один из механизмов адаптации организма к изменениям внешней среды.— В кн.: Адаптивная саморегуляция функций.— М.: Медицина, 1972, с. 49—67.

Баевский Р. М. К проблеме оценки степени напряжения регуляторных систем организма.— В кн.: Адаптация и проблемы общей патологии. Ч. I. Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1974, с. 44—48.

Баевский Р. М. Временная организация функций и адаптационно-приспособительная деятельность организма.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты анализа временной организации М.: Наука, 1976, с. 88—111.

Баевский Р. М. Узловые процессы механизмов адаптации и саморегуляции функций. Саморегуляция биологических ритмов как один из механизмов адаптации организма к изменениям внешней среды.— В кн.: Адаптивная саморегуляция функций. М.: Медицина, 1977, с. 49—67.

Баевский Р. М., Никулина Г. А., Семенова Т. Ф. Циркадная организация и взаимная координация функций в эксперименте со 120-суточной гипокинезией.— В кн.: Адаптация к мышечной деятельности и гипокинезия. Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1970, с. 21—22.

Баевский Р. М., Семенова Т. Д., Чернышев М. К. Временная адаптация человека и некоторые вопросы математической биоритмологии.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 206—208.

Баевский Р. М., Чернышев М. К. Некоторые аспекты системного подхода к анализу временной организации функций в живом организме.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты временной организации биосистем. М.: Наука, 1976, с. 174—186.

Баженова А. Ф. Временные соотношения циркадных ритмов кортикостероидов, электролитов в периферической крови и в слюне у человека.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 16, 17.

Баженова А. Ф., Багинская Н. В., Колпаков М. Г., Матвеев П. В. Сезонные изменения циркадных ритмов кортикостероидов и электролитов в слюне у человека. (Анализ на ЭВМ по программе «Косинор»).— Физиол. журн. СССР им. И. М. Сеченова, 1974, т. 60, № 2, с. 277—282.

Баженова А. Ф., Посный В. С. Циркадные ритмы кортикостероидов и электролитов как показатель адаптации человека к условиям Севера.— В кн.: Научно-технический прогресс и приполярная медицина. (Тез. докл. IV Международного симпозиума по приполярной медицине). Т. 2. Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1978, с. 143—144.

Баранников Н. И. Пакет прикладных программ для моделирования и оптимизации объектов с неоднородными индивидуальными характеристиками.— В кн.: Структурная адаптация сложных систем управления. Воронеж: изд. Воронеж. политехн. ин-та, 1977, с. 106—108.
Барбашова З. И. Изучение биоритмов у человека.— В кн.: Ресурсы биосферы. Вып. 3. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1976, с. 180—186.
Бехтерева Н. П. Динамика биопотенциалов глубоких отделов мозга человека.— В кн.: Проблемы современной нейрофизиологии. М.— Л.: Наука, 1965, с. 100—133.
Бехтерева Н. П. Некоторые принципиальные вопросы изучения нейрофизиологических основ психических явлений человека.— В кн.: Глубокие структуры головного мозга в норме и патологии. М.— Л.: Наука, 1966, с. 18—21.
Бехтерева Н. П. Некоторые данные о физиологии и структурно-функциональных отношениях подкорковых образований головного мозга человека.— В кн.: Корковая регуляция деятельности подкорковых образований головного мозга. Тбилиси: Мецниереба, 1968, с. 65—81.
Бехтерева Н. П. Нейрофизиологические аспекты психической деятельности человека. Изд. 2-е.— Л.: Медицина, 1974.—51 с.
Бехтерева Н. П. Введение.— В кн.: Память в механизмах нормальных и патологических реакций. Л.: Медицина, 1976, с. 6—7.
Бехтерева Н. П., Бондарчук А. Н., Смирнов В. М., Трохачев А. И. Физиология и патофизиология глубоких структур мозга человека.— М.— Л.: Медицина, 1967.— 259 с.
Бехтерева Н. П., Бундзен П. В., Медведев С. В., Смирнов В. М. К механизму обеспечения взаимодействия в головном мозге.— Физиология человека, 1980, т. 6, № 4, с. 724—727.
Биологические ритмы гопоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы у животных и человека в норме и при патологии/Отв. ред. Ю. А. Романов, В. А. Таболин.— М.: изд. ВНИИМИ, 1975.— 128 с.
Боженкова С. Г. Новые направления в исследовании электрограмм головного мозга.— В кн.: Нейробионика и математическое моделирование жизненных процессов. Киев: изд. ИК АН УССР, 1979, с. 46—52.
Бокс Дж., Дженкинс Г. (Box J. L., Jenkins G.). Анализ временных рядов.— М.: Мир, 1974, вып. 1.— 403 с.; вып. 2.— 180 с.
Борискин В. В. Жизнь человека в Арктике и Антарктиде.— Л.: Медицина, 1973.— 199 с.
Борискин В. В. Влияние климатогеографических факторов и трудовой деятельности на суточную периодику физиологических функций человека.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 66—68.
Браун Ф. (Brown F.). Биологические ритмы.— В кн.: Сравнительная физиология животных. Т. 2. М.: Мир, 1977, с. 210—260.
Бундзен П. В. Влияние светового режима Антарктического континента на состояние авторегуляционных функций головного мозга человека.— Физиол. журн. СССР им. И. М. Сеченова, 1969, № 3, с. 929—939.
Бундзен П. В. Основные аспекты психофизиологических исследований в Антарктиде.— В кн.: Антарктида. Вып. II. М., 1972, с. 201—211.
Бундзен П. В., Шишкин Б. М. Анализ регуляционных свойств центральной нервной системы методами теории управления.— Физиол. журн. СССР им. И. М. Сеченова, 1971, № 5, с. 664—672.
Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем.— М.: Наука, 1978.— 399 с.
Бух М. О колебаниях мышечной силы человека в течение дня.— Врач, 1883, № 45, с. 708—710.
Быков В. Л. Возрастные особенности биологических ритмов щитовидной железы.— В кн.: Тканевая биология.— Тарту: изд. Тартуск. ун-та, 1976, с. 27—29.
Бюннинг Э. Ритмы физиологических процессов.— М.: Изд-во иностр. лит., 1961.— 184 с.
Василевский Н. Н. Адаптивная саморегуляция функций и ее связь с динамическим управлением эндогенными биоритмами.— Журн. эволюц. биохимии и физиологии, 1973, т. 9, № 4, с. 374—382.

Василевский Н. Н. Дифференциальная пластичность мозга человека.— Физиология человека, 1975, № 3, с. 469—481.
Василевский Н. Н. Память и механизмы адаптивной саморегуляции функций.— В кн.: Механизмы модуляции памяти. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1976, с. 53—63.
Василевский Н.Н. Экологическая физиология мозга.— Л.: Медицина, 1979.— 198 с.
Василевский Н. Н. Современные проблемы экологической физиологии.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1984.— 17 с.
Василевский Н. Н., Трубачев В. В. Системный анализ адаптивной саморегуляции функций организма (экспериментальные и теоретические основания и перспективы).— В кн.: Адаптивная саморегуляция функций. М.: Медицина, 1977, с. 11—49.
Василевский Н. Н., Сороко С. И., Богословский М. М. Психофизиологические аспекты адаптации человека в Антарктиде.— Л.: Медицина, 1978— 206 с.
Васильев И. Г. Суточные колебания мышечной силы.— Тр. КВИФКиС им. В. И. Ленина, 1953, вып. 6, с. 105—117.
Введенский Н. Е. О соотношениях между раздражением и возбуждением при тетанусе. 1886.— Полн. собр. соч. Т. 2.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1951.— 300 с.
Величкина С. В. Разработка методов анализа ЭЭГ с целью выявления параметров, характеризующих функциональное состояние организма: Автореф. докт. дис.— М., 1974.
Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология.— М.: Наука, 1980.— 208 с.
Веселкин П. Н. Лихорадка.— М.: Медгиз, 1963.— 376 с.
Вишневский А. А. Предисловие.— В кн.: Тезисы Всесоюзного симпозиума «Биологические ритмы в компенсации нарушенных функций». М.: изд. АМН СССР, 1976, с. 5—6.
Войтинский Е. Я., Лившиц М. И., Ромм Б. И., Рыжиков В. С. Анализ биопотенциалов на цифровой адаптивной системе.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1972.— 125 с.
Вычислительные методы линейной алгебры. Библиографический указатель работ, содержащих алгол-процедуры и фортран-подпрограммы 1960—1979 гг./Под ред. В. В. Воеводина.— Л.: изд. Ленингр. отд-ния Мат. ин-та АН СССР, 1980.— 57 с.
Гаджиев М. Ю., Чернышев М. К. Системный подход к анализу координированных взаимодействий в многоуровневых живых объектах.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты анализа временной организации биосистем. М.: Наука, 1976, с. 73—87.
Газенко О. Г., Алякринский Б. С. Влияние космического полета на организм.— Вестн. АН СССР, 1970, т. 15, № 11, с. 40.
Гаршенин В. Ф., Копанев С. В. Об изменении суточной периодики некоторых показателей физиологических и психофизиологических функций у человека, прибывающего для работы в высокие широты.— В кн.: Научно-технический прогресс и приполярная медицина. Т. 2. Тез. докл. IV Междунар. симпоз. по приполярной медицине). Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1978, с. 140—141.
Генкин А. А. Об асимметрии длительностей возрастающих и убывающих фаз электроэнцефалограммы задних отделов головного мозга здорового человека.— Докл. АПН РСФСР, 1962, № 4, с. 99—102.
Гладких Б. А., Костюк Ю. Л. Система графического вывода СМОГ и ее реализации на ЕС ЭВМ.— В кн.: Автоматизация эксперимента и машинная графика. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1977, с. 103—115.
Голиков А. П., Голиков П. П. Сезонные ритмы в физиологии и патологии.— М.: Медицина, 1973.— 167 с.
Горелик А. Л., Скрипкин В. А. Методы распознавания.— М.: Высш. шк., 1977.— 222 с.
Гренандер У., Фрайбергер В. Краткий курс вычислительной вероятности и статистики.— М.: Наука, 1978.— 191 с.

Григорян С. В. Изменение суточных ритмов некоторых показателей, характеризующих функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у больных ишемической болезнью сердца: Автореф. канд. дис.— Ереван: изд. Ин-та кардиологии им. П. А. Оганесяна, 1979.— 25 с.
Губин Г. Д., Аганосова А. П., Никодимова Р. С. и др. Зависимость от времени суток устойчивости к различным факторам внешней среды временной организации биологической системы на клеточном и организменном уровне.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 269, 270.
Губин Г. Д., Герловин Е. Ш. Суточные ритмы биологических процессов.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980.— 277 с.
Гэд А. (Guedj A.). Разработка средств машинной графики в Западной Европе.— ТИИЭР, 1974, т. 62, № 4, с. 7—16.
Данилевский Г. М. Патология человека и профилактика заболеваний на Севере.— М.: Медицина, 1968.— 412 с.
Даугавет И. К. Введение в теорию приближения функций.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1977.— 184 с.
Демин Д. В., Матюхин В. А., Недбаева Н. Д., Евцихевич А. В. Изменение Косинор-характеристик суточных колебаний температуры тела у человека при хронофизиологической адаптации.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 173—177.
Демин Н. Н., Коган А. Б., Моисеева Н. И. Нейрофизиология и нейрохимия сна.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1978.— 189 с.
Демьяненко Ю. К., Коробков А. В. Влияние тренировки на суточные изменения быстроты и точности движений и выносливости.— Тр. КВИФКиС им. В. И. Ленина. Л., 1954, т. VIII, с. 46.
Денисов В. А. Выявление скрытых периодичностей в электроэнцефалограмме.— Физиология человека, 1979, т. 5, № 4, с. 625—633.
Дерягина Г. П., Ганелина И. Е., Березная И. Я. и др. Сравнительная оценка некоторых математических методов исследования циркадных ритмов показателей системы свертывания крови у человека.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 214—216.
Деряпа Н. Р., Неверова Н. П., Соломатин А. П. и др. Роль метеорологических факторов в становлении суточных ритмов функций коры надпочечников.— Там же, с. 112, 113.
Деряпа Н. Р., Рябинин И. Ф. Адаптация человека в приполярных районах земли.— Л.: Медицина, 1977.— 294 с.
Джапаридзе К. О., Марр Г. П. Оценивание параметров спектра случайного процесса по наблюдениям, искаженным шумом.— Пробл. передачи информ., 1978, т. 14, № 1, с. 37—49.
Дженкинс Г., Ваттс Д. (Jenkins G. M., Watts D. G.). Спектральный анализ и его приложения.— М.: Мир. Вып. 1, 1971.— 174 с.; Вып. 2, 1972.— 283 с.
Джерри А. Дж. (Jerri A. J.). Теорема отсчетов Шеннона, ее различные обобщения и приложения. Обзор.— ТИИЭР, 1977, т. 65, № 11, с. 53—89.
Дмитриев А. А., Резниченко В. Ю., Тер-Сааков А. П. Человеко-машинная система имитационного моделирования процессов принятия решений при управлении исследованиями.— В кн.: Человеко-машинные системы. М.: изд. о-ва «Знание» РСФСР, 1977, с. 103—112.
Дороговцев А. Я., Юдицкий М. Н. Модели со случайными ошибками в переменных. Оценивание параметров и планирование эксперимента.— Теория вероятностей и математическая статистика, 1978, № 19, с. 51—57.
Дубикайтис В. В. Пространственно-временная характеристика ЭЭГ человека, ее физиологическое и диагностическое значение при очаговых поражениях головного мозга: Автореф. докт. дис.— Л.: изд. ИЭМ АМН СССР, 1977.— 38 с.
Дэн Су-И. Исследование суточного ритма физиологических процессов в эксперименте и в условиях трудовой деятельности: Автореф. канд. дис.— Л.: изд. Ин-та физиологии им. И. П. Павлова, 1960.— 19 с.
Евдокимов А. Г., Тевяшев А. Д. Об одном алгоритме выявления скрытой пе-

риодичности.— В кн.: Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. Республиканский научно-технический сборник. Вып. 43. Харьков: изд. Харьков. ин-та радиоэлектроники, 1977, с. 60—74.

Емельянов И. П. О проявлениях релаксации в колебаниях биопотенциалов мозга.— В кн.: Электроэнцефалографические исследования в клинике и экспертной практике. Л.: Медицина, 1964, с. 112—126. (Труды ЛИЭТИНа, вып. XIII).

Емельянов И. П. Опыт применения электронно-вычислительной техники непрерывного действия при изучении электрической активности головного мозга человека в норме и патологии: Автореф. канд. дис.— Л.: изд. ИЭМ АМН СССР, 1966.— 13 с.

Емельянов И. П. Метод непрерывного изучения изменений разностей в длительностях фронтов ЭЭГ и огибающей ЭЭГ с автоматическим анализом полученных данных.— В кн.: Клинико-электрофизиологические показатели функционального состояния головного мозга человека. Л.: изд. ЛИЭТИНа, 1971, с. 155—179.

Емельянов И. П. Формы колебаний в биоритмологии.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976.— 126 с.

Емельянов И. П. Микромир электроэнцефалограммы.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978.— 222 с.

Ермаков С. М., Михайлов Г. А. Курс статистического моделирования.— М.: Наука, 1976.— 319 с.

Железнов Н. А. Принципы дискретизации стохастических сигналов с неограниченным спектром и некоторые результаты теории импульсной передачи сообщений.— Радиотехника и электроника, 1968, № 1, с. 24—32.

Закс Ш. (Zacks Sh.). Теория статистических выводов.— М.: Мир, 1975.— 776 с.

Зимкин Н. В. О чередовании двигательных функциональных единиц при динамической и статической работе.— Тр. КВИФКиС им. В. И. Ленина, Л., 1955, с. 53—66.

Зимкин Н. В. О некоторых физиологических факторах, влияющих на работоспособность при мышечной деятельности в дневные и ночные часы.— Тр. КВИФКиС им. В. И. Ленина, Л., 1956, с. 3—10.

Зимкин Н. В. Вариативность и экстраполяция в двигательных навыках.— В кн.: Спортивная медицина и лечебная физкультура в Ленинграде. Л.: изд. МЗ РСФСР, 1967, с. 19—28.

Зимкин Н. В. Формирование двигательного акта.— В кн.: Руководство по физиологии. Физиология мышечной деятельности, труда и спорта. Л.: Изд-во АН СССР, 1969, с. 164—185.

Зимкина А. М. О методах исследования, проявлениях и природе некоторых нарушений функционального состояния центральной нервной системы.— В кн.: Нейрофизиологические исследования при нервно-психических заболеваниях. Л., 1961, с. 3—29. (Труды ЛИЭТИНа, вып. VII).

Зимкина А. М. О некоторых электрофизиологических показателях патологии мезодиэнцефальных структур человека.— В кн.: Электроэнцефалографические исследования в клинике и экспертной практике. Л.: Медицина, 1964, с. 3—26. (Труды ЛИЭТИНа, вып. VIII).

Зимкина А. М. Электрофизиологические показатели функционального состояния нервной системы человека.— В кн.: Функциональные состояния мозга. М.: Изд-во МГУ, 1975, с. 6—19.

Зимкина А. М. Общее функциональное состояние центральной нервной системы, принципы его регуляции и саморегуляции и характеристика нарушений.— В кн.: Нейрофизиологические исследования в экспертизе трудоспособности. Л.: Медицина, 1978, с. 27—50.

Зингерман А. М., Волкова В. Д., Меницкий Д. Н. и др. Типологические особенности адаптации, определяющие эффективность трудовой деятельности.— Физиол. журн. СССР им. И. М. Сеченова, 1974, т. 60, № 10, с. 1482—1493.

Иванов К. П. Мышечная сила и химическая терморегуляция.— М.— Л.: Наука, 1965.— 127 с.

Иванов К. П. Биоэнергетика и температурный гомеостазис.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1972.— 171 с.
Иванов К. П. Развитие современных представлений о физиологических механизмах терморегуляции.— В кн.: Теоретические и практические вопросы терморегуляции в норме и патологии. Л.: Изд-во АН СССР, 1974, с. 6.
Иванов К.П., Ларюхина Т. М. О роли норадреналина в регуляции мышечного термогенеза при охлаждении.— Физиол. журн. СССР им. И. М. Сеченова, 1975, № 12, с. 1805—1811.
Илюхина В. А. Медленные биоэлектрические процессы головного мозга человека.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1977.— 184 с.
Илюхина В. А. Анализ нейродинамики головного мозга в разных диапазонах амплитудно-временного спектра биоэлектрической активности.— Физиология человека, 1979, т. 5, № 3, с. 467—499.
Исабаева В. А. Методологические аспекты экологии человека.— В кн.: Общие вопросы экологической физиологии. Л.: Изд-во АН СССР, 1977, с. 14—16.
Каган М. А. Компонентный анализ как один из методов изучения факторов, влияющих на течение процесса адаптации.— В кн.: Общие вопросы экологической физиологии. Л.: Изд-во АН СССР, 1977, с. 16—17.
Казначеев В. П. Биосистема и адаптация.— Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1973.— 74 с.
Казначеев В. П. Современные проблемы адаптации человека.— В кн.: Адаптация и проблемы общей патологии. Т. 2. Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1974, с. 3—9.
Казначеев В. П. Некоторые проблемы хронических заболеваний.— Вестн. АМН СССР, 1975, № 10, с. 6—16.
Казначеев В. П. Заключение.— В кн.: Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. Л.: Медицина, 1980, с. 174—182.
Казначеев В. П., Баевский Р. М. Индивидуальные особенности адаптационных реакций у человека и проблема донозологической диагностики.— В кн.: Адаптация и проблемы общей патологии. Т. 2. Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1974, с. 9—14.
Казначеев В. П., Субботин М. Я. Этюды к теории общей патологии.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1971.— 229 с.
Казначеев В. П., Шорин Ю. П. Патофизиологические аспекты десинхроноза.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 314—316.
Кандрор И. С. Очерки по физиологии и гигиене человека на Крайнем Севере.— М.: Медицина, 1968.— 278 с.
Кардашева А. С. Организующая функция биоритмов в процессах управления.— В кн.: Философские проблемы биологии. М.— Л.: Наука, 1973, с. 1—272.
Кассиль Г. Н., Баевский Р. М., Вайсфельд И. Л. и др. Временная координация физиологических и биохимических показателей здорового человека в суточном цикле.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 26—28.
Катинас Г. С. Хронобиологические аспекты изучения тканей.— В кн.: Тканевая биология. Тарту: изд. Тартуск. ун-та, 1976, с. 12—17.
Катинас Г. С., Орлов В. А. Ультрадианные ритмы клеточного размножения в нормальных тканях.— В кн.: IV Международный биофизический конгресс. Тезисы секционных докладов. Кн. 4. М.: Изд-во АН СССР, 1972, с. 79—80.
Катинас Г. С., Светикова К. М., Орлов В. А., Панкова Т. И. Ультрадианные ритмы клеточного размножения в нормальных тканях.— Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии, 1974, т. 66, № 4, с. 44—49.
Кендалл М. Дж., Стьюарт А. (Kendall M. G., Stuart A.). Теория распределений.— М.: Наука, 1966.— 587 с.
Кендалл М. Дж., Стьюарт А. (Kendall M. G., Stuart A.). Многомерный статистический анализ и временные ряды.— М.: Наука, 1976.— 736 с.
Кеткин А. Т., Черных Н. А. Адаптационные изменения кардиореспиратор-

ной системы у лесозаготовителей в условиях Севера.— Физиология человека, 1980, т. 6, № 2, с. 363—365.
Кипнис В. М., Пинскер И. Ш. Прогнозирование коротких временных рядов, основанное на принципе хаотизации.— В кн.: Модели. Алгоритмы. Принятие решений. М.: Наука, 1979, с. 38—61.
Клейнер (Королева-Мунц) В. М. Особенности суточной периодики некоторых физиологических функций у больных в условиях послеоперационной гипокинезии.— В кн.: Материалы симпозиума «Адаптация организма человека и животных к экстремальным природным факторам среды». Новосибирск: изд. Ин-та физиологии СО АН СССР, 1970, с. 85—86.
Ковалева С. Р., Сотник В. И. Суточные колебания температуры тела у детей разного возраста.— Гигиена и санитария, 1969, № 10, с. 47—48.
Коваленко Е. А., Гуровский Н. Н. Гипокинезия.— М.: Медицина, 1980.— 320 с.
Ковальчук А. В., Матвиевич П. К. Динамика космо-геофизических условий и некоторые вопросы математического изучения циркадных биоритмов.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 219—220.
Ковальчук А. В., Чернышев М. К. Многодневные биоритмы физиологических процессов и некоторые вопросы связи организма человека с динамикой изменений внешней среды.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты временной организации биосистем. М.: Наука, 1976, с. 112—119.
Коган А. Б. О принципах нейронной организации рабочих механизмов управления функциональной системой.— В кн.: Принципы системной организации.— М.: Наука, 1973.— 125 с.
Козин И. В. Элементы теории оптимального обнаружения и приема сигналов.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1974.— 123 с.
Колпаков М. Г. Биоритмологические исследования механизмов адаптации.— В кн.: Адаптация и проблемы общей патологии. Т. 2. Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1974, с. 30—33.
Комаров Ф. И., Захаров Л. В., Лисовский В. А. Суточный режим физиологических функций у здорового и больного человека.— Л.: Медицина, 1966.— 200 с.
Коняев К. В. Спектральный анализ случайных процессов и полей.— М.: Наука, 1973.— 167 с.
Корн Г., Корн Т. (Korn G. A., Korn T. M.). Справочник по математике.— М.: Наука, 1977.— 831 с.
Королева-Мунц (Клейнер) В. М. Суточный ритм физиологических функций и некоторые другие показатели состояния человека при соблюдении строгого постельного режима по медицинским показаниям: Автореф. канд. дис.— Новосибирск: изд. Мед. ин-та, 1974.— 19 с.
Косайнор-анализ биологических ритмов. (Метод. рекомендации)/Отв. ред. Н. Л. Асланян.— Ереван: изд. Ин-та кардиологии им. Л. А. Оганесяна, 1979.
Костюк Ю. Л. Обзор систем графического вывода.— В кн.: Автоматизация эксперимента и машинная графика. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1977, с. 90—102.
Котолевская Л. Н., Кузнецова С. С. Циркадные ритмы некоторых показателей гемодинамики у здоровых людей на Севере в разные сезоны года.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 243—246.
Кратин Ю. Г. Анализ сигналов мозгом.— Л.: Наука. Ленингр. отд.-ние, 1977.— 239 с.
Кривощеков С. Г. Некоторые особенности адаптации человека в Западной Сибири на примере изучения сердечно-сосудистой системы.— В кн.: Физиология и патология адаптации человека в условиях Крайнего Севера. Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1977, с. 74—78.
Кропотов Ю. Д. Структурный метод исследования медленных колебаний в головном мозге человека.— Физиология человека, 1975, т. 1, № 1, с. 183—187.
Ксури Ч. (Csuri Ch.). Машинная графика и искусство.— ТИИЭР, 1974, т. 62, № 4, с. 103—117.

Кудрявцева В. И., Сычев В. А. Использование резонансно-поисковых вычислительных методов анализа для раннего выявления умственного утомления.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты анализа временной организации биосистем. М.: Наука, 1976, с. 144—151.
Купалов П. С. Механизмы замыкания временной связи в норме и патологии.— М.: Медицина, 1978.— 261 с.
Куприянович Л. И. Биологические ритмы и сон.— М.: Наука, 1976.— 118 с.
Кучеров И. С. Ритмичность трофических процессов в организме человека и животных: Автореф. докт. дис.— Киев: изд. АН УССР, 1971.— 49 с.
Кучеров И. С., Шабатура Н. Н. Некоторые вопросы применения математических методов для выявления и анализа биоритмов.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 221—223.
Левченко Е. П., Сидоренко Т. С. Программное обеспечение физиологического эксперимента.— М.: изд. Физ.-техн. ин-та низких температур АН СССР, 1977.— 51 с. Препринт, № 39.
Лейримор У. Э. (Larimore W. E.). Статистические выводы в стационарных случайных полях.— ТИИЭР, 1977, т. 65, № 6, с. 176—189.
Лернер Э. Н., Сычев В. А., Чернышев М. К. К вопросу о сложной колебательной структуре физиологических процессов.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты анализа временной организации биосистем. М.: Наука, 1976, с. 138—143.
Луговой Л. А. Околосуточные ритмы организма человека и двигательная активность.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 36—38.
Ляшко О. Г. Биологические ритмы состояния эпителия ворсинок тонкой кишки у мышей: Автореф. канд. дис.— Л.: Изд. I Лен. мед. ин-та, 1975.— 19 с.
Майстрах Е. В. Специфические и неспецифические структуры мозга в механизме терморегуляторных реакций.— В кн.: Теоретические и практические вопросы терморегуляции в норме и патологии. Л.: изд. АН СССР, 1974, с. 7, 8.
Матинян Л. А., Исаакян С. М. К теоретической оценке биоритма органов и клеток.— Экспериментал. ев клиникакан бжшкутян андес.— Журн. эксперим. и клин. медицины, 1979, т. 19, № 6, с. 11—14.
Матушевский В. В. Применение статистического анализа САС для обработки экспериментальных данных в системе САФРА.— В кн.: Автоматизация эксперимента и машинная графика. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1977, с. 59—74.
Матюхин В. А. Биоритмология человека в условиях муссонов.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1971.— 138 с.
Матюхин В. А., Кривощеков С. Г. Сезонная динамика циркадных ритмов показателей физической работоспособности человека в процессе акклиматизации.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 182—183.
Матюхин В. А., Демин Д. В., Евцихевич А. В. Биоритмология перемещений человека.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976.— 103 с.
Матюхин В. А., Путилов А. А., Ежов С. Н. Рекомендации по прогнозированию и профилактике десинхронозов.— Новосибирск: изд. Ин-та физиологии СО АМН СССР, 1983.— 51 с.
Медведев В. И. Теоретические проблемы физиологии труда.— Физиология человека, 1975, т. 1, № 1, с. 27—35.
Медведев В. И. Идеи И. М. Сеченова в современной физиологии.— Физиология человека, 1979, т. 5, № 3, с. 389—398.
Меерсон Ф. З. Общие механизмы адаптации и профилактики.— М.: Медицина, 1973.— 360 с.
Мерсер Д. (Mercer D. M.). Аналитические методы исследования периодических процессов, замаскированных случайными флюктуациями.— В кн.: Биологические часы. М.: Мир, 1964, с. 126—152.
Методические рекомендации. Методика исследования биологических ритмов в клинике/Отв. ред. Н. Л. Асланян.— Ереван: изд. Ин-та кардиологии им. Л. А. Оганесяна, 1978.— 18 с.

Методы клинической нейрофизиологии. Изучение физиологии головного мозга человека/Отв. ред. В. Б. Гречин.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1977.— 355 с.

Миррахимов М. М. Дизадаптации, вызываемые природной средой, и их значение для изучения состояния адаптированности.— В кн.: Общие вопросы экологической физиологии. Л.: Изд-во АН СССР, 1977, с. 26—27.

Михайлова Г. С. Проблема адаптации человека. (Совместный пленум Научного совета АН СССР «Физиология человека» и Научного совета АМН СССР «Физиология и патология нервной системы», 11 декабря 1979 г.).— Физиология человека, 1980, т. 6, № 5, с. 952—953.

Мозжухин А. С., Баландин В. И., Апчел В. Я. Изменение функционального состояния организма в различное время суток.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 39.

Моисеева Н. И. Влияние внезапного изменения временной среды на некоторые циркадные ритмы человека.— Физиол. журн. СССР им. И. М. Сеченова, 1975, т. 61, № 2, с. 1798—1804.

Кибернетический подход к биологическим системам.— М.— Л.: Изд-во АН СССР, 1976.— 138 с.

Моисеева Н. И. Структура биоритмов как один из критериев возможностей физиологической адаптации организма.— Физиол. журн. СССР им. М. И. Сеченова, 1978, т. 64, № 11, с. 1632—1640.

Моисеева Н. И., Симонов М. Ю., Тонкова Н. В., Шапошников В. И. Саморегуляция ритма сна в условиях внезапного изменения временной среды.— В кн.: Человек и среда. Л.: Наука. Ленингр. отд.-ние, 1975, с. 194—199.

Моисеева Н. И., Симонов М. Ю., Сысуев В. М. Особенности течения адаптации при комплексных воздействиях.— В кн.: Материалы 5-й Всесоюзной конференции по экологической физиологии, биохимии и морфологии. Фрунзе: Илим, 1977, с. 187—190.

Моисеева Н. И., Симонов М. Ю., Сысуев В. М. Особенности биоритмов и адаптационные возможности человека.— В кн.: Тезисы докладов II Всесоюзной конференции по адаптации человека к различным географическим, климатическим и производственным условиям. Т. 3. Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1978, с. 12—14.

Муганцева Л. А. Проверка нормальности в схемах одномерной и многомерной линейной регрессии.— Теория вероятностей и ее применения, 1977, т. 22, № 3, с. 603—614.

Неверова Н. П. Некоторые гуморально-гормональные механизмы вегетативного равновесия в условиях Крайнего Севера.— В кн.: Адаптация человека. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1972, с. 132—139.

Носович Г. П. К вопросу о колебании мышечной силы под влиянием караульной службы, строевых занятий и лагерной жизни: Автореф. канд. дис., 1980.

Ньюмен У., Спрулл Р. Ф. (Newman W., Sproull R. F.). Методика разработки программного обеспечения для систем машинной графики.— ТИИЭР, 1974, т. 62, № 4, с. 67—83.

Окунева Г. Н., Шевелева Л. Т., Миргородская В. А., Вялов Е. А. Суточные ритмы кислотно-щелочного равновесия, газового состава крови и внешнего дыхания у здоровых лиц.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты анализа временной организации биосистем. М.: Наука, 1976, с. 131—137.

Ольнянская Р. П., Попова Т. В. Суточная периодика температуры тела при алиментарной дистрофии.— В кн.: Опыт изучения периодических изменений физиологических функций в организме. М.: изд. АМН СССР, 1949, с. 96—103.

Охнянская Л. Г., Куприянович Л. И., Никифорова Н. А. О некоторых закономерностях влияния внешней ритмики на основные ритмы и функциональное состояние человека.— В кн.: 13-й съезд Всесоюзного физиологического общества им. И. П. Павлова, посвященный 150-летию со дня рождения И. М. Сеченова. Т. 2. Алма-Ата.— Л.: 1979, с. 337—338.

Павлов И. П. Полное собрание сочинений. Т. III.— М.— Л.: Изд-во АН СССР, 1951.— 157 с.

Поварнин М. К. К вопросу о влиянии сна на мышечную систему человека: Автореф. докт. дис.— Спб., 1883.
Порошенко А. С., Сорокин А. А. Изменения суточного ритма у моряков при плавании Ленинград — Австралия — Ленинград.— В кн.: Биоритмы и труд. Л.: Наука. Ленинград. отд-ние. 1980, с. 87—89.
Проссер Л. Температура.— В кн.: Сравнительная физиология животных. Т. II. М.: Мир, 1977, с. 84—192.
Раева С. Н., Ливанов М. Н. Микроэлектродное изучение нейрональных механизмов произвольной мнестической деятельности человека.— Физиология человека, 1975, № 1, с. 36—43.
Растригин Л. А. Системы экстремального управления.— М.: Наука, 1974.— 630 с.
Растригин Л. А., Рипа К. К. Автоматная теория случайного поиска.— Рига: Зинатне, 1973.— 342 с.
Растригин Л. А., Сытенко Л. В. Многоканальные статистические оптимизаторы.— М.: Энергия, 1973.— 145 с.
Романенко А. Ф., Сергеев Г. А. Аппроксимативные методы анализа случайных процессов.— М.: Энергия, 1974.— 175 с.
Руднев П. Материалы к вопросу о колебании мышечной силы рабочих под влиянием фабричной работы.— Спб., 1888.
Руттенбург С. О. О нормальном суточном ритме физиологических функций работающего человека.— Физиол. журн. СССР им. И. М. Сеченова, 1966, т. 52, № 7, с. 855—859.
Руттенбург С. О. Суточный ритм физиологических функций у человека и опыт его использования в физиологии труда: Автореф. докт. дис.— Свердловск: изд. Свердловск. мед. ин-та, 1971.— 39 с.
Руттенбург С. О., Слоним А. Д. Циркадный ритм физиологических процессов и трудовая деятельность человека.— Фрунзе: Илим, 1976.— 188 с.
Рыжков Г. В., Вальцев В. Б. Общие и частные проблемы адаптации.— Физиология человека, 1977, т. 3, № 6, с. 985—996.
Рыбинин И. Ф. Клинико-биохимические аспекты адаптации человека в Антарктиде: Автореф. докт. дис.— Л.: изд. Воен.-мед. акад. им. С. М. Кирова, 1973.— 31 с.
Саркисов Д. С. Ультраструктурные основы биоритмов и проблема гомеостаза.— В кн.: Биологические ритмы в механизмах компенсации нарушенных функций. М.: изд. АМН СССР, 1973, с. 35—45.
Саркисов Д. С., Пальцын А. А., Втюрин Б. В. Приспособительная перестройка биоритмов.— М.: Медицина, 1975.— 184 с.
Сатерленд Т. Е. (Sutherland T.E.). Ввод трехмерных данных посредством вводной панели.— ТИИЭР, 1974, т. 62, № 4, с. 44—53.
Свирежев Ю. М., Логофст Д. О. Устойчивость биологических сообществ.— М.: Наука, 1978.— 352 с.
Селье Г. (Selye H.). Концепция стресса, как мы ее представляем в 1976 году.— В кн.: Новое о гормонах и механизмах их действия. Киев: Наук. думка, 1977, с. 27—51.
Сельков Е. Е. Клеточные часы как автоколебательная биохимическая система.— В кн.: Колебательные процессы в биохимических и химических системах. Т. 2. Пущино-на-Оке: Изд-во АН СССР, 1971, с. 5—10.
Семенова Т. Д. Суточные ритмы физиологических функций при экстремальных воздействиях.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты временной организации биосистем. М.: Наука, 1976, с. 120—130.
Серебренников М. Г., Первозванский А. А. Выявление скрытых периодичностей.— М.— Л.: Наука, 1965.— 244 с.
Сеченов И. М. Элементы мысли. Избранные труды.— М.: изд. ВИЭМ, 1935, с. 302—380.
Скрябин В. В., Табарчук А. Д. К вопросу о суточном изменении мышечной силы и выносливости к статическим усилиям у человека.— В кн.: Актуальные вопросы экспериментальной медицины и биологии. Челябинск, 1962, с. 100—102. (Труды Челябинск. отд-ния Всесоюз. о-ва им. И. П. Павлова, вып. 1).
Славина Е. Е. О колебании возбудимости коры больших полушарий в течение

суток и влияние на нее недосыпания.— Арх. биол. наук, 1936, т. 41, № 2, с. 9—13.
Слоним А. Д. О значении мышечной деятельности в формировании суточного стереотипа.— Теория и практика физ. культуры, 1954, т. 17, вып. 4, с. 248—256.
Слоним А. Д. Основы общей экологической физиологии млекопитающих.— М.— Л.: изд. АМН СССР, 1961.— 432 с.
Слоним А. Д. Физиология адаптации к природным факторам среды и проблемы экологической патологии.— В кн.: Проблемы экологической патологии. М.: изд. АМН СССР, 1964, с. 156—158.
Слоним А. Д., Сорокин А. А. Факторы среды и формирование циркадиых и ультрадных ритмов.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 286—288.
Смирнов К. М. Методические рекомендации по учету биоритмов человека в организации и охране отдыха.— Л.: изд. ВЦСПС, 1976.— 32 с.
Смирнов К. М. Общие вопросы учения о биологических ритмах.— В кн.: Биоритмы и труд/Отв. ред. А. Д. Слоним. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1980, с. 6—20.
Смирнов В. М., Бородкин Ю. С. Артифициальные стабильные функциональные связи.— Л.: Медицина, 1979.— 192 с.
Смирнов К. М., Емельянов И. П., Королева-Мунц В. М., Руттенбург С. О. О возможном влиянии на форму волны суточного ритма чередования сон — бодрствование у человека.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 224.
Соколов В. Е. Введение в проблему временной организации биологических систем в свете современных задач экологии.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты анализа временной организации биосистем. М.: Наука, 1976, с. 5—10.
Сорокин А. А. Некоторые аспекты математического описания биоритмов.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных.— Фрунзе: Илим, 1975, с. 225.
Сорокин А. А. Опыт использования Косинор-анализа для анализа суточного ритма гематокрита у людей.— В кн.: Руттенбург С. О., Слоним А. Д. Циркадный ритм физиологических процессов и трудовая деятельность человека. Фрунзе: Илим, 1976, с. 180—183.
Сорокин А. А., Стельников Г.В.,Вазин А. Н. Адаптация и управление свойствами организма.— М.: Медицина, 1977.— 261 с.
Сороко С. И. Функциональные изменения высшей нервной деятельности у полярников антарктической станции.— Физиология человека, 1976, № 3, с. 446—455.
Сороко С. И., Суворов Н. Б., Бекшаев С. С. Произвольный контроль уровня биоэлектрической активности мозга человека как метод изучения авторегуляционных свойств центральной нервной системы.— В кн.: Адаптивная саморегуляция функций. М.: Медицина, 1977, с. 206—248.
Сороко С. И., Суворов Н. Б., Кутуев В. Б. Индивидуальные особенности произвольной регуляции биоэлектрической активности мозга.— Физиология человека, 1976, № 5, с. 746—755.
Степанова С. И. О биоритмологическом отборе космонавтов.— Космич. биология и авиакосмич. медицина, 1975, № 4, с. 40—46.
Степанова С. И. Актуальные проблемы космической биоритмологии.— М.: Наука, 1977.— 309 с.
Сычев В. А., Чернышев М. К. Автоматический анализ скрытых колебательных процессов резонансно-поисковыми методами вычислений.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты анализа временной организации биосистем. М.: Наука, 1976, с. 35—54.
Тельксонис Л., Юкявичус К., Жемайтите Д., Кусас В. Принципы построения и структура системы автоматизированного анализа ритмограмм на базе ЦВМ БЭСМ-6.— Стат. пробл. упр. Вильнюс, 1977, вып. 22, с. 23—29.
Тимофеев Д. С. Гигиенические рекомендации для зимних физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий в условиях Севера.— Якутск: Кн. изд-во, 1982.— 23 с.

Тихомиров И. И. Биоклиматология Центральной Антарктиды и акклиматизация человека.— М.: Наука, 1968.— 199 с.
Тихомиров И. И. Об особенностях оценки показателей адаптации человека.— В кн.: Научно-технический прогресс и приполярная медицина. Т. 1. (Тез. докл. IV Междунар. симпоз. по приполярной медицине). Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1978, с. 120—121.
Трифонов В. В. Дисперсионный анализ с использованием порядковых статистик при идентификации периодичности физиологических функций.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 229, 230.
Тушикова Г. А. Суточные и сезонные показатели терморегуляции человека при работе в аридных условиях.— Там же, с. 54.
Туркменов М. Т., Абдылдабеков Т. К. Суточный ритм газообмена и температуры тела у постоянных жителей низко- и высокогорья.— Там же, с. 58.
Турчинский В. И., Коньшина Е. В., Носова Н. С. Биоритмологические аспекты адаптации сердечно-сосудистой системы человека в условиях высоких широт.— Там же, с. 192—196.
Уилкинсон Дж., Райнш С. (Wilkinson J. H., Reinsch C.). Справочник алгоритмов на языке АЛГОЛ. Линейная алгебра. М.: Машиностроение, 1976.— 390 с.
Уиттекер Э., Робинсон Г. Математическая обработка результатов наблюдений.— М.: изд. ОНТИ, 1935.— 363 с.
Усакова Н. А., Черникова В. Н., Луговой Л. А., Аржанова Г. Д. Изменения суточных ритмов физиологических функций при ограничении двигательной активности и коррекция этих изменений физической тренировкой.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 95—98.
Усов В. В. Информационный подход к оценке результатов электрофизиологического эксперимента.— В кн.: Статистическая электрофизиология. Ч. 1. Вильнюс, 1968, с. 568—577.
Усов В. В. Моделирование долгосрочной памяти на основе знаковых систем.— Физиология человека, 1979, т. 5, N 5, с. 891—898.
Усов В. В., Орлов В. А. Некоторые особенности статистических свойств ЭЭГ.— В кн.: Математический анализ электрических явлений головного мозга. М.: Наука, 1965, с. 95—99.
Ухтомский А. А. Усвоение ритма в свете учения о парабиозе (1928).— Собр. соч. Т. 2. Л.: Изд-во ЛГУ, 1951, с. 33—34.
Ухтомский А. А. Возбуждение, утомление, торможение (1934).— Там же, с. 67—87.
Хальберг Ф. (Halberg F.). Временная координация физиологических функций.— В кн.: Биологические часы. М.: Мир, 1964, с. 475—509.
Хальберг Ф. (Halberg F.). Хронобиология.— В кн.: Кибернетический сборник. Сборник переводов. Новая серия. Вып. 9. М.: Изд-во Иностр. лит., 1972, с. 189—247.
Хаскин В. В. Биохимические механизмы адаптации к холоду.— В кн.: Адаптация и проблемы общей патологии. Т. III. Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1974, с. 85—87.
Хелстром К. (Helstrom K.). Статистическая теория обнаружения сигналов.— М.: Изд-во Иностр. лит., 1963.— 430 с.
Хельбрюгге Т. Развитие циркадных ритмов у детей.— В кн.: Биологические часы. М.: Мир, 1964, с. 510—530.
Хемминг Р. В. Численные методы. Для научных работников и инженеров.— М.: Наука, 1972.— 400 с.
Хеннан Э. Многомерные временные ряды.— М.: Мир, 1974.— 575 с.
Хованов Н. В. Математические аспекты выявления ритмики трудовых процессов.— В кн.: Биоритмы и труд/Отв. ред. А. Д. Слоним. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1980, с. 126—140.
Хомская Е. Д. Мозг и адаптация.— М.: Изд-во МГУ, 1972.— 383 с.
Хургин Я. И., Яковлев В. П. Финитные функции в физике и технике.— М.: Наука, 1971.— 408 с.

Цибаков И. С., Яковлев В. П. О точности восстановления непрерывной функции, представленной конечным рядом Котельникова.— Радиотехника и электроника, 1959, № 3, с. 15—18.
Черниговский В. Н. Решения XXIV съезда КПСС и развитие физиологии в новом пятилетии.— Физиол. журн. СССР им. И. М. Сеченова, 1971, т. 57, № 7, с. I—VIII.
Чернышев М. К. Резонансно-поисковые вычислительные методы анализа скрытых колебательных процессов в живых системах.— В кн.: Теоретические и прикладные аспекты анализа временной организации биосистем. М.: Наука, 1976, с. 11—34.
Шарова Е. В. Фазово-частотный анализ в изучении нестабильности электроэнцефалограммы.— Физиология человека, 1980, т. 6, № 2, с. 211—219.
Шеповальников А. Н., Цицерошин М. Н., Апанасионок В. С., Рожков В. П. О диагностических возможностях автоматической оценки статистических свойств пространственно-временной структуры биопотенциального поля мозга.— Физиология человека, 1980, т. 6, № 5, с. 922—924.
Шишкин Б. М. Количественные регуляционные и информационные оценки системной деятельности головного мозга.— Физиология человека, 1975, т. 1, № 1, с. 176—182.
Шорников Б. С. Системно-классификационная диагностическая задача в практике медико-биологических исследований.— В кн.: Прикладная математика в биологии. М.: 1979, с. 117—141.
Шургая Ш. И., Турчинский В. И., Малько В. А. и др. Суточный ритм сердечной деятельности в процессе адаптации человека к условиям Крайнего Севера.— В кн.: Адаптация и проблемы общей патологии. Т. III. Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1974, с. 131—132.
Щербакова О. П. Экспериментальное изучение суточного ритма физиологических функций у обезьян.— В кн.: Опыт изучения периодических изменений физиологических функций в организме. М.: изд. АМН СССР, 1949, с. 42—64.
Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления.— М.: Мир, 1975.— 683 с.
Эрет Ч. Спектры действия и метаболизм нуклеиновых кислот в клетках, способных к циркадной ритмичности.— В кн.: Биологические часы. М.: 1964, с. 247—262.
Якименко М. А., Ткаченко Е. Я., Диверт В. Э., Филько О. А. Некоторые показатели системы терморегуляции при адаптации к холоду в условиях Заполярья.— Физиология человека, 1979, т. 5, № 5, с. 931—933.
Янски Л. Гормональный термогенез — основной механизм приспособления к холоду у млекопитающих.— В кн.: Научно-технический прогресс и приполярная медицина. Т. 1. (тез. докл. IV Междунар. симпоз. по приполярной медицине). Новосибирск: изд. Сиб. фил. АМН СССР, 1978, с. 173—174.
Ярославцев В. Л. Суточный стереотип физиологических функций у человека в условиях временного проживания в других поясных зонах.— В кн.: Циркадные ритмы человека и животных. Фрунзе: Илим, 1975, с. 197—199.
Ячная Г. К., Демин Д. В. Некоторые особенности суточной и сезонной динамики минутного объема дыхания у подростков в процессе адаптации.— Там же, с. 200—205.
Andersen P., Andersson S. A. Physiological basis of the alpha rhythm. Appleton—Centuri—Crofts.— N. Y., 1968.— 235 p.
Aschoff J. Complexity and order of the human circadian system.— Bull. Soc. ital. biol. sper., 1976, v. 52, N 18bis, p. 1—11.
Ashoff J., Wever R. Human circadian rhythms.— Fed. Proc., 1976, v. 35, N 12, p. 2326—2332.
Ashoff J. ,Wever R. Über Reproduzierbarkeit circadianer Rhytmen beim Menschen.— Klin. Wochenschr., 1980, Bd 58, N 7, S. 323—335.
Aslanian N. L. On the unification of data collection methodology.— Chronobiologia, 1977, v. 4, N 2, p. 98—99.

Bätz G., Dorfel H., Stegemann K. Verbesserung der Interpretation von Versuchsergebnissen durch Berücksichtigung des Fehlers 1 und 2. Art. 1. Mitt.— Arch. Züchtungsforsch., 1979, Bd 9, N 4, S. 251—261.
Berde Ch. Nonmonotonic Transients and Some Mathematical Models of Circadian Rhythms.— J. Theor. Biol., 1976, v. 56, p. 435—441.
Berk R. A. Survey of integrated statistical computer packages.— Behav. Res. Meth. and Instrum., 1977, v. 9, N 3, p. 277—280.
Bloxom B. Estimating an unobserved component of a serial response time model.— Psychometrica, 1979, v. 44, N 4, p. 473—484.
Bronzino J. D. Utilization of power spectral analysis techniques to quantify alternations in the EEG.— Graph. Arts. Mon. and Print. Ind., 1979, v. 51, N 12, p. 697—705.
Brown F. A. Biological clocks: endogenous cycles synchronized by subtle geophysical rhythms.— Bio System, 1976, v. 8, N 2, p. 67—81.
Brown F. A. Interrelation between biological rhythms and clocks.— In: Ading and Biol. Rhythms. Conf., Bay Pines, Fla, 1977. N. Y.— L., 1978, p. 215—234.
Brown R. H. On visual assessment of the significance of a mean difference.— Biometrics, 1979, v. 35, N 3, p. 657—665.
Burger D. Analysis of electrophysiological signals: A comparative study of two algorithms.— Comput. and Biomed. Res., 1980, v. 13, N 1, p. 73—86.
Cembrowski L. S., Westgard G. O., Conover W. G., Joren E. C. Statistical analysis of method comparison data. Testing normality.— Amer. J. Clin. Pathol., 1979, v. 72, N 1, p. 21—26.
Chau N., Martin I., Cocco A. e. a. Concept and implementation of a program for treatments and statistical or logical interrogations of a file; Logist.— Int. J. Biomed. Comput., 1980, v. 11, N 2, p. 129—143.
Chossat Ch. Recherches experimentales sur l'inanition.— Memories presenties par dives savants a l'Academie royale, ol. Sci., Paris, 1843, t. 8.
Chow P. L., Tam W. C. Periodic and traveling wave solutions to Volterra-Lotka equations with diffusion.— Bulletin of mathematical biology, 1976, v. 38, p. 643—658.
Cobet A. Die Hauttemperatur des Menschen.— Ergebn. d. physiol., 1926. Bd 25.
Correia J. A., Davis K. P., Kharasch M. e. a. Production of thin CT Sections and coronal and sagittal images by spatial filtering.— J. Comput. Assist. Tomogr., 1980, v. 4, N 1.
Davy J. On the temperature of man.— Philosoph. Transact., 1845.
Debilly G., Chouvet G. Des méthodes d'analyse mathématique des rythmes biologiqucs.— Bull. Groupe etude rythmes biol., 1979, Bd 11, N 4, S. 135—136.
Delea C., Bartter F. C., Halberg F. e. a. Individualized automatic rhythmometry needed for rigorous assessment of human blood pressure variability.— Chronobiologia, 1977, v. 4, N 2, p. 172.
Eakin R. M. Structure of invertebrate photoreceptors.— In: Handbook of Sensory Physiology. V. 7. Photochemintry of Vision/Edited by H. I. A. Dartnall. Berlin: Springer—Verlag, 1972.
Ehret C. F., Trucco E. Chronon concept for circadian clock.— Theoret. Biol., 1967, v. 15, p. 240—262.
Ehret Ch. F., Groh K. R., Meinert I. L. Circadian dyschronism and chronotypic ecophilia as factors in ading and longevity.— In: Aging and Biol. Rhythms. Conf.— Bay Pines, Fla, 1977. N. Y.— L., 1978, p. 185—213.
Fahrenkamp K. Beitrag zur Kennthiss der Tagesschwankungen des Blutdrucks bei der Hypertonie.— Med. Klin., 1921, Bd 26, S. 776—778.
Fohansen S. The Welch-Iames approximation to the distribution of the residual sum of squares in a weighted linear regression.— Biometrika, 1980, v. 67, N 1, p. 85—92.
Gibbs F. A., Gibbs E. L. Atlas of EEG. Cambridge, 1950.
Grasman J., Veling I. E. An Asymptotic Formula for the Period of a Volterra-Lotka System.— Mathematical biosciences, 1973, v. 18, p. 185—189.
Günter R., Knapp E., Halberg F. Referenznormen der Rhytamometrie: circadiane acrophasen von zwanzig Körperfunktionen.— Zeitschrift für angewandte Bäder.— und Klimaheilkunde, 1969, Bd 16, S. 33—38.

Hahn P. M., Hoshizaki M., Adey W. R. Circadian rhythms of the Macaca nemestrina monkey in Biosatellite 3.— Airspace Med., 1971, v. 42, p. 295—304.
Halberg F. Experimentelles zur Physiologie des Nebennieren—Zyklus. — Acta med. Scand., 1955, Suppl. 307, Bd 152, S. 117—118.
Halberg F. Reselving power of electronic computers in temporal pathology — an analogy to microscopy.— Scientia, 1966, v. 101, p. 412—419.
Halberg F. Circadian rhythms in polyamine excretion by rats bearing an immunocytomia.— Chronobiologia, 1976, v. 3, p. 309.
Halberg F., Engeli M., Hamburger C., Hillman D. Spectral resolution of low-frequency, small-amplitude rhythms in excreted 17-ketosteroids; probable androgen—induced circaseptan desynchronization.— Acta Endocrin. (Kbh), 1965, v. 50, zuppl., N 303, p. 1—54.
Halberg F., Katinas G. S. Chronobiologic glossary of the International Society for the Stady of Biologic Rhythms.— Chronobiologia, 1973, v. 1, p. 31—63,
Halberg F., Suda Masami. Circadian rhythms and nutrition.— In: Proc. 10th Intern. Congr. Nutr., Kyoto, 1975. Kyoto, 1976, p. 137—139.
Halberg F., Carandente F., Cornelissen G., Katinas G. S. Glossary of chronobiology.— Chronobiologia, 1977, v. 4, suppl., N 4.
Hammel H. T. Theory of temperature regulation.— In: International Symposium on National Mammalian Hibernation 1965; Mammalian Hibernation 111/Edited by K. C. Fisher. N. Y.: Amer. Elsevier Publ. Co., 1968, p. 86—96.
Harvey A. C., Collier P. Testing for functional misspecification in regression analysis.— J. Econometr., 1977, v. 6, N 1, p. 103—119.
Hildebrandt G. Untersuchungen über die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atem.— Verhandl. d. 4 Konferenz d. Internationalen Gesellschaft f. Rhythmus.— Forschung. Stockholm, 1955, S. 175—184.
Ibuka Nobio, Kawamura Hiroshi. Neural control mechanism of circadian rhythmicity.— Seitai no kagaku, 1976, v. 27, N 6, p. 445—455.
Jansen S. H., Hasman A., Visser S. L. Features to segmentate EEG recordings; a comparative study.— In: Med. Inform. Eur. 78. Berlin e. s., 1978, p. 533—544.
Katsch, Pansdorf. Die Schlafbenebmung des Blutdruckes.— Münch. med. Wachr., 1922, Bd 50, S. 1715.
Kingma Y. J., Pronk C. N. A., Sparreboom I. D. Parameter Estimation of Power Spectra Using Gaussian Functions.— Computers and biomedical research 9, 1976, p. 591—599.
Kleijnen J. P. C. Statistical techniques in simulation.— N. Y.: M. Dekker. Pt 1, 1974, 258 p; Pt 2, 1975, p. I—XV, p. 286—775.
Kleitman N., Kleitman E. Effect of now — twenty-four-hour routines of living on oral temperature and heart rate.— J. Appl. Physiol., 1953, N 6, p. 283—291.
Kriebel I. Exogenous modifications of circadian rhythms of adrenal hormones in man.— J. Interdiscipl. Cycle. Res., 1972, v. 3, N 3, p. 233—241.
Kuhnke K. Model Computations on the Relation of Phase Response and Entrainment in the Circadian Rhythm— J. Interdiscipl. Cycle Res., 1975, v. 6, N 1, p. 103—110.
Kylin E. Über arterielle Blutdruckmessung.— Hygiena, 1922, Bd 84, S. 217.
Lapicque L. L'excitabilite en fonction du temps. Paris, 1926.
Lessions H. A. Use of Panamanian sea urchins to test the molecular clock.— Nature, 1979, v. 280, N 5723, p. 599—601.
Linkens D. A. Covariance prediction error filter (CPEF) Tracking of time-varying biomedical rhythms.— J. Interdiscipl. Cycle Res., 1979, v. 10, N 4, p. 273—285.
Ludwig D. Stochastic modelling and nonlinear oscilliations.— In: Nonlinear oscillations. Biol. Providence, 1979, p. 127—129.
McHugh R. B., Smolensky M. N., Halberg F. Biological rhythm Experimentation: a longitudinal design and analysis.— Chronobiologia, 1975, v. 2, N 1, p. 1—12.

Mihram G. A. Statistical Techniques in simulation.— In: Proc. 9th Haw. Intern. Conf. Syst. Sci., Honolulu, Haw., 1976. Suppl. Selec. Pap. Simulat. Honolulu, Haw., 1976, p. 14—21.
Mohn R. K. Suggestions for the Harmonic Analysis of Point Process Data.— Computers and biomedical research 9, 1976, p. 521—530.
Mojsejevová N. I. Metodologie biologického výzkumu a Koncepce biomatematiky.— Biol. listy, 1980, v. 45, N 1, p. 28—32.
Montor K., Afdahl D. Instrumentation for brainwave signal processing.— In: Proc. 17th N. Engl. (Northeast) Bioeng. Conf., Troy. N.Y., 1979, p. 321 — 323.
Moore—Ede M. C., Kass D. A., Fuller C. A., Sulzmán F. M. Physiological significance of ultradian components in circadian rhythms.— In: Proc. Intern. Union Physiol. Sci. 27th Intern. Congr. V. 12. Paris, 1977.
Mosso U. Revherches sur l'inversion des oscillations diurees de la temperature cher i'homme normal.— Arch. ital. de biol., Tourin, 1887, t. 8, p. 117—185.
Moulder P. V., Rank W., Daicoff G. R. A frequency-time domain signal processing system.— Med. Instrum., 1980, v. 14, N 2, p. 99—102.
Nakayama T., Aray S., Yamamoto K. A working hypothesis of the central control of body temperature in reference to circadian variation. The 56th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan, Tokio, 1979, Apr. 4—6.— Нихон сэйригаку дзасси, J. Physiol. Soc. Jap., 1979, v. 41, N 8—9, p. 417.
Nelson Walter, Tong X. L., Lee J. K., Halberg F. Methods for Cosinor-rhythmometry.— Chronobiologia, 1976, v. 6, N 4, p. 305—323.
Nemoto I., Yoshimitsu M., Utsinomiya T. Frequency-wavenumber analysis of EEG using spatio-temporal autoregressive model.— Acupunct. and Elec.— Ther. Res., 1979, v. 4, N 3—4, p. 209—220.
Nishino H., Koizumi K., Brooks C. M. C. The role of suprachiasmatic nuclei of the hypothalamus in the production of circadian rhythm.— Brain Res., 1976, v. 112, N 1, p. 45—59.
Osborn N. A. Body-temperature and periodicity.— J. Physiology, 1908, v. 36, proc., p. 39—41.
Papantoni—Karakos P. Consideration of round off errors in the design of mean square estimators.— IEEE Trans. Automat. Contr., 1977, v. N 22, 2, p. 276—279.
Pavlidis T. Biological oscillators: Their mathematical analysis.— N. Y.— L.: Acad. Press, 1973.— 207 p.
Peil J. Mathematisch-numerische Verfahren zur Analyse von Schwingungsvorgängen.— Nova acta Leopold., 1977, Bd 46, N 225, S. 495—524.
Philipsborn E. V. Über den Atemrhythmus.— In: Verhandl. d. 4 Konferenz d. Internationalen Ges. f. biol. Rhythmus.— Stockholm: Forschung, 1955.— 156 S.
Pittendrigh C. S. Circadian clocks what are they.— Life Sci. Res. Rept., 1976, v. 1, p. 11—48.
Pittendrigh C. S., Caldarola P. S. General Homeostasis of the Frequency of Circadian Oscillations.— Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1973, v. 70, N 9, p. 2693—2701.
Pocklington P. R., Gutjahr L., Kuenkel H. e. a. Systems support for the routine Requirements of clinical neurophysiology.— In: Med. Inform. Eur. 78. Berlin c. a., 1978, p. 217—225.
Randazzo D. J. On a teast-squares fit of data wath a sum of exponentials.— Biometr. J., 1977, v. 19, N 6, p. 403—419.
Rapp P. Analytic procedures for large dimension nonlinear biochemical oscillations.— Bio Systems, 1975, v. 7, p. 92—100.
Reinberg A., Chata J., Halberg F. e. a. Rhythmes circadiens du pouts de la pression arte rielle des excretions urinaires en 17-hydroxycorticosteroids, catecholamines et potassium chez l'homme adulte sain actifen repos.— Ann. Endocrin., 1970, v. 31, N 2, p. 277—287.
Richardson I. W., Rosen R. Aging and the metrica of time.— J. Theor. Biol., 1979, v. 79, N 4, p. 415—423.

Rössler O. E. Chaotic oscillations an exapmle of hyperchaos.— In: Nonlinear Oscillations Biol. Providence, 1979, p. 141—156.
Rusak B. Neural mechanisms for entrainment and generation of mammalian circadian rhythms.— Fed. Proc., 1979, v. 38, N 12, p. 2589—2595.
Sasaki T. Effect of rapid transposition around the earth on diurnal variation in body temperature.— Proc. of the Soc. for Experimental Biol. and Med., 1964, v. 115, p. 1129—1131.
Scharf J.— H. Das Zeitproblem in der Biologie.— Nova acta Leopold., 1977, v. 46, N 225, S. 11—70.
Seelos H.— L. Biomedizinishe Simulationsmodelle.— EDV Med. und Biol., 1979, Bd 10, N 4, S. 97—101.
Sollberger A. Rhythms and biological cycles.— In: Cycles biologiques et psychiatrie. Simposium Bel—Air. III. Geneve—Paris, 1968, p. 25—59.
Sollberger A. Problems in the statistical analysis of short periodic time series.— J. Interdiscipl. Cycle Res., 1970, v. 1, N 1, p. 49—88.
Swamy P. A., Mehta J. S. Estimation of linear models with time and crosssectionally varying coefficients.— J. Amer. Statist. Assoc., 1977, v. 72, N 360, Pt 1, p. 890—898.
Swingler D. N. A modified burg algorithm for maximum entropy spectral analysis.— Proc. IEEE, 1979, v. 67, N 9, p. 1368—1369.
Takahashi J. S., Menaker M. Physiology of avain circadian pacemakers.— Fed. Proc., 1979, v. 38, N 12, p. 2583—2588.
Tong Y. L. Parameter estimation in studying circadian rhythms.— Biometrics, 1976, v. 32, N 1, p. 85—94.
Toulouse E., Pieron H. Le mechanisme de l'inversion chez l'homme du rhythme nycthemeral de la temperature.— J. Physiol. (Paris), 1907, т. 7.
Tyson J. J., Alivisatos S. G. A., Richter O. e. a. Mathematical background group report.— Life Sci. Res. Rept., 1976, v. 1, p. 85—108.
Van Cauter E. Statistical analysis of circadian and ultradian components of 24-th profiles of blood parameters.— Chronobiologia, 1977, v. 4, N 2, p. 159—160.
Walker S., Reite M. Datastor: a multivariable data handling system.— Behav. Res. Meth. and Instrum., 1977, v. 9, N 3, p. 299.
Watanabe K., Endo M., Hiroshige T. Synchronization of spontaneous locomotor activity and plasma corticosterone in suprachiasmatic nuclei—lesioned rats. The 56th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan, Tokyo, 1979, Apr. 4—6.— Нихон сэйригаку дзасси, J. Physiol. Soc. Jap., 1979, v. 41, N 8—9, p. 337.
Wever R. Mutual relations between different physiological functions in circadian rhythms in man.— J. Interdiscipl. Cycle. Res., 1972, v. 3, N 2, p. 253—265.
Wever R. The circadian multioscillator system of man.— Chronobiologia, 1975, v. 3, p. 19—55.
White III Ch. C. Editorial note on a Markov Chain Approach to Cardiac Arrhythmia Classification.— In: Computers and Biomedical research 9, 1976, p. 503—506.
Winfree A. 24 hard problems about the mathematics of 24 hour rhythms.— In: Nonlinear Oscillations Biol. Providence, 1979, p. 93—126.
Wit C. T., Rabbinge R. Systems analysis and dynamic simulation.— Bull. OEPP, 1979, v. 9, N 3, p. 149—153.
Zuzewicz K., Kwarecki K., Meller H. Analiza matematyczno — statystyczna wskaźników fizjologicznych.— Acta physiol. pol., 1979, v. 30, N 5—6, suppl., N 19, p. 179—181.

Программа 1

```
начало вещественный α, ь, ъ, π, A min, к1, к2, σ, Δζ оап, Δζ о,
R оз, ΔR з, аГф, ε1, ε2, ε, ΔR оап, ΔR о, Δβ оап, Δβ о, св, R з,
β оз, Δβ з, вГф, ζ оз, сГф, r, R, Рпропо, Рпропз, δ 1, δ 2, F лто,
F лтз, F нпз, F зад, а, в, с min, с1, с2, с3, с4, z н, стоим, F1, F2,
F3, F4, D1, D2, D3, D4, анк1, анк2, анк3, анк4, аЦ, аДш, аF;
целый нк1, нк2, нк3, нк4, Ц, Дш, F; целый j запр, l, н, к, n1,
j, i, n, m, кср, реш, j1, j2, j3, j4; целый н1, н2; вещественный
массив R ф, β ф, ζ ф, R з, β з [1 : 4], zo[1 : 4], Ro, βo, ζo[1 : 5],
A[1 : 4, 1 : 5], z1[1 : 4]; целый массив J[1 : 4]; вещественный про-
цедура rand; начало КОД(065, α, β, 0); КОД(047, 0, 0, α); КОД
(021, 0, α, rand) конец;
c : КОД(100, 0, 0, 0001);
β : КОД(100, 3432, 7724, 4615); КОД(0, c, 0, α); процедура nosw;
начало ь := rand; ъ := rand; δ1 := sqrt(—2 × ln(ь)) × cos(2
× π × ъ); δ1 := δ1/sqrt(2); δ2 := sqrt(—2 × ln(ь)) × sin(2
×π × ъ); δ2 := δ2/sqrt(2); конец;
процедура ближ; начало A min := ⏨18; для i := 1, ..., 4 цикл
начало а := Ro[j запр] — Rз[i]; в := βo[j запр] — βз[i]; A[i,
j запр] := а ↑ 2 + в ↑ 2; если A min > A[i, j запр], то A min :=
A[i, j запр] конец; конец;
процедура сорт; начало для j := 1, ..., 5 цикл начало для i :=
1, ..., 4 цикл начало а := Ro[j] — Rз[i]; в := βo[j] — βз[i];
A[i, j] := а ↑ 2 + в ↑ 2; если A[i, j] > z0[1], то A[i, j] := z0[1]
+⏨—2; конец конец; c min := ⏨18; для j1 := 1, ..., 5 цикл на-
чало c1 := A[1, j1]; для j2 := 1, ..., 5 цикл начало если j2 ≠
j1 то начало c2 := c1 + A[2, j2]; для j3 := 1, ..., 5 цикл начало
если (j3 ≠ j1) и (j3 ≠ j2), то начало c 3 := c 2 + A[3, j 3]; для
j 4 := 1, ..., 5 цикл начало если (j 4 ≠ j 1) и (j 4 ≠ j 2) и (j 4 ≠
j 3) то начало c4 := c3 + A[4, j 4]; если c min > c4 то начало
c min := c 4; J[1] := j1; J[2] := j2; J[3] := j3; J[4] := j4; конец конец
конец конец конец конец конец конец конец; l := ⏨3; z1[1] :=
0.3; z 1[2] := 1.75; z 1[3] := 3.6; z 1[4] := 3.6; Δζ оап :=
15; ζ оз := 3.6 × 60; R оз := 3000; β оз := 3.9 × 60;
ΔR оап := 300; Δβ оап := 13; ΔR з := 100; Δβ з := 15;
F зад := ⏨ —2; F лто := 0.025; F нпз := 5.2/30; F лтз := 0.01;
```

P пропо := 0.2; P пропз := 2 × $_{10}$ −3; F нпз := F нпз/100; P пропо := $_{10}$ −16; R := 3.95 ↑ 2 + 5.35 ↑ 2; R := sqrt (R); к1 := 1; н2 := 1; к2 := 1; π := 3,141 593;

начало процедура АП; **начало начало вещественный** F, f, Δ; **вещественный процедура** q1 (l1); q1 := exp(−l1/(2 × f)) − F; **вещественный процедура** q2(l2); q2 := (exp(− l2/(2 × f))) × (1 + l2/(2 × f)) − F; **вещественный процедура** q3(l3); q3 := (exp(−l3/(2 + f))) × (1 + l3/(2 × f)) + (exp(−l3/(2 × f))) × (1/2) × (l3 / (2 × f)) ↑ 2 − F; **вещественный процедура** q4(l4); q4 := (exp(−l4/(2 × f))) × (1 + l4/(2 × f)) + (exp(−l4/(2 × f))) × (1/2) × (l4/(2 × f)) ↑ 2 + (exp (−l4/(2 × f))) × (1/6) × (l4/(2 × f)) ↑ 3 − F; f := 1; Δ := 5 × $_{10}$−3; F := F зад; bis 01 (q1, 1, 400, $_{10}$o−11, Δ, 0, 0, z0[1]); bis 01 (q2, 1, 400, $_{10}$ −11, Δ, 0, 0, z0[2]); bis01(q3, 1, 400, $_{10}$ −11, Δ, 0, 0, z0[3]); bis 01 (q4, 1, 400, $_{10}$ −11, Δ, 0,0, z0[4]); **конец**; z1 [1] := z1[1] × к2; z1[2] := z1[2] × к2; z1[3] := z1[3] × к2; z1[4] := z1[4] × к2;

Ц := 0; Дш := 0; F := 0; нк1 := нк2 := нк3 := пк4 := 0; F1 := F2 := F3 := F4 := D1 := D2 := D3 := D4 := 0;

для j запр := 1,3 **цикл начало** 1 **раз цикл начало начало** zн := 0; н := 1; н1 := 0; n1 := 3; кср := 0; к := 0 **конец**; КП: **начало** реш := 0; n1 := n1 + 1; ε1 := sqrt (2 × (2 × n1 + 1)/(n1 × (n1 − 1))); ε2 := sqrt (2 × (2 × n1 − 1)/(n1 × (n1 + 1))); **если** RAND ⩽ 0.2 **то** ε := ε1 **иначе** ε := ε2; Δζ 0 := ε × Δζ оап; Δ R о := ε × ΔR оап; Δ β о := ε × Δβ оап; σ := sqrt (ΔRo ↑ 2 + ΔRз ↑ 2); аГф := Rоз × к1/σ; σ := sqrt (Δβо ↑ 2 + Δβз ↑ 2); вГф := βоз × к1/σ; σ := Δζ о; сГф := ζоз × к1/σ; **для** j := 1, ..., 4 **цикл начало** r := R; Rф [j] := RAND1(− r, + r); nosw; Ro[j] := Rф[j] + δ1; r := sqrt (R ↑ 2 − (Rф[j]) ↑ 2); βф [j] := RAND 1(− r, + r); βo[j] := βф [j] + δ2; r := sqrt (R ↑ 2 − βф [j] ↑ 2); ζф [j] := RAND 1(− r, + r); nosw; ζo [j] := ζф [j] + δ1 **конец**; **для** i := 1,2 **цикл начало** nosw; Rз [i] := Rф [i] + δ1; βз [i] := βф [i] + δ2 **конец**; **если** RAND ⩽ F лто **то начало** Ro [5] := RAND 1(−0.5 × аГф, + 0.5 × аГф); βo [5] := RAND 1(− 0.5 × вГф, + 0.5 × вГф); ζo [5] := RAND 1(− 0.5 × сГф, + 0.5 × сГф) **конец иначе начало** Ro [5] := βo[5] := ζo[5] := $_{10}$ 8 **конец**; **если** RAND ⩽ F лтз **то начало** Rз [3] := RAND 1(− 0.5 × аГф, + 0.5 × аГф); βз[3] := RAND 1(− 0,5 × вГф, + 0,5 × вГф) **конец иначе начало** Rз[3] := βз [3] := − $_{10}$ 8 **конец**; **если** RAND⩽ F нпз **то начало** Rз [4] := RAND 1(− 0,5 × аГф, + 0,5 × аГф); βз [4] := RAND 1(− 0.5 × вГф, + 0.5 × вГф) **конец иначе начало** Rз [4] := βз [4] := −$_{10}$ 8 **конец**; **если** j запр = 1 **то начало** nosw; Ro [1] := δ1; Rз [1] := δ2; nosw; βo[1] := δ1; βз[1] := δ2; nosw; ξo [1] := δ1; σ := sqrt (ΔRo ↑ 2 + ΔRз ↑ 2); nosw; Rф[1] := ε1 × ΔR оап × δ1 × sqrt (2)/σ; σ := sqrt (Δβo ↑ 2 + Δβз ↑ 2); βф [1] := ε1 × Δβоап × δ2 × sqrt (2)/σ; σ := Δζo; nosw; ζф [1] := ε1 × Δζ оап × δ1 × sqrt (2)/σ; Ro [1] := Ro[1] + Rф[1]; Rз [1] := Rз [1] + Rф [1]; βo [1] := βo [1] + βф [1]; βз [1] := βз [1] +

```
βф [1]; ζо [1] := ζо [1] + ζф [1] конец иначе начало nosw;
Ro [3] := δ1; βо [3] := δ2; nosw; ζо [3] := δ1; σ := sqrt
(ΔRo ↑ 2 + ΔRз ↑ 2); nosw; Ro[3] := Ro[3] + ε1 × ΔR оап ×
δ1 × sqrt (2)/σ; σ := sqrt (Δβо ↑ 2 + Δβз ↑ 2); βо[3] :=
βо [3] + ε1 × Δβ оап × δ2 × sqrt (2)/σ; σ := Δζ о; nosw;
ζо [3] := ζо[3] + ε1 × Δζ оап × δ1 × sqrt (2)/ σ конец; для
j := 1, ..., 4 цикл начало если RAND < P пропо то Ro [j] :=
βо [j] := ζо [j] := _10 8 конец; для i := 1, 2 цикл начало если
RAND < P пропз то Rз [i] := βз [i] := —_10 8 конец; n := 0;
для j := 1, ..., 5 цикл начало если (—0.5 × аГф ⩽ Ro [j] ⩽
+0.5 + аГф) и (—0.5 × вГф ⩽ βо [j] ⩽ 0.5 × вГф) и
(—0,5 × сГф ⩽ ζо [j] ⩽ +0.5 × сГф) то начало n := n + 1 ко-
нец иначе начало Ro [j] := βо [j] := ζо [j] := _10 8 конец конец;
m := 0; для i := 1, ..., 4 цикл начало если (—0.5 × аГф ⩽
Rз [i] ⩽ +0.5 × аГф) и (—0.5 × вГф ⩽ βз [i] ⩽ +0.5 ×
вГф) то начало m := m + 1 конец иначе начало Rз [i] :=
βз [i] := —_10 8 конец конец конец;
ОП : начало если (abs (Ro [j запр]) > 0.5 × аГф) или (abs (βо
[j запр]) > (0.5 × вГф) или (abs (ζо [j запр]) > 0.5 × сГф) то
начало к := к + 1; если кср = 1 то начало реш:= 3; на РХ
конец иначе начало кср := 1; на КП конец; если к + н < 4 то
на КП иначе начало если н = 1 то реш := 3 конец конец иначе
начало кср := 0; если m = 0 то реш := 2 иначе начало сорт;
для i := 1,..., 4 цикл начало если (J [i] = j запр) и (A[i, j запр] <
z0[1]) то реш := 1 конец; если реш ≠1 то реш := 2; реш := 1; ближ;
zн := zн + A min; если zн ⩾ z0 [н] то реш := 2 иначе начало если
zн ⩽ z1 [н] то реш :=1 иначе начало к := н + 1; если к + н ⩽
4 то начало на КП конец конец конец конец конец конец;
РХ: начало если реш = 1 то начало если j запр ≠ 1 то начало
Дш := Дш + 1; если н = 1 то D1 := D1 + 1; если н = 2 то
D2 := D2 + 1; если н = 3 то D3 := D3 + 1; если н = 4 то D4:=
D4 + 1 конец конец иначе начало если реш = 2 то начало
если j запр = 1 то начало F1 = F + 1; если н = 1 то F1 :=
F1 + 1; если н = 2 то F2 := F2 + 1; если н = 3 то F3 :=
F3 + 1; если н = 4 то F4 := F4 + 1 конец конец иначе Ц :=
Ц + 1 конец конец; если н = 1 то нк1 := нк1 + 1; если н =
2 то нк2 := нк2 + 1; если н = 3 то нк3 := нк3 + 1; если
н ⩾ 4 то нк4 := нк4 + 1; конец; конец; aF := F/l; аДш := Дш/l;
аЦ := Ц/(2 × l); вывод (aF, аДш, аЦ); стоим := (aF + 5 ×
аДш)/2; вывод (стоим); F1 := F1/l; F2 := F2/l; F3 := F3/l;
F4 := F4/l; D1 := D1/l; D2 := D2/l; D3 := D3/l; D4 := D4/l; вы-
вод (F1, F2, F3, F4, D1, D2, D3, D4); анк1 := нк1/(2 × l); анк2 :=
нк2/(2×l); анк3 := нк3/(2 × l); анк4 := нк4/(2 × l); вывод
(анк1, анк2, анк3, анк4); св := анк1 + 2 × анк2 + 3 × анк3
+ 4 × анк4; вывод (св); конец; 3 раз цикл АП; конец конец *
```

Программа 2

```
начало вещественный Э, ла2, пи, ом0, р, Сх, Су, хС, уС, а, в,
Тэ; целый н, m, и, ж, Н; начало вещественный массив УУ
```

[1 : 700]; **барабан** УУ; Н := 0; Э := 0.95; н := 10; ла2 := 5.991; **вывод** (Н, Э, н, ла2); m := 24; **начало вещественный массив** уу[1 : м]; **для** ж := 1, ..., н **цикл начало для** и := 1, ..., м **цикл начало** уу[и] := 34 + 3,2 × RAND; **вывод** (уу [и]); **конец**; СПО177 (1037, уу[1], уу[m], 0, УУ [(ж — 1) × m + 1]) **конец**; ж := 1; пи := 3.141 593; ом0 := пи/12; **для** ом0 := 48, 192, 168, 144, 120, 96, 72, 48, 69, 53 **цикл начало** ом0 := (2 × пи)/ом0; н **раз цикл начало начало** m := 24; **начало вещественный массив** х, у, аш, А, фи, де2, де [1 : н]; **вещественный массив** т [1 : m]; **для** и := 1, ..., m **цикл начало** т [и] := 2 × и + 0.05 × ж **конец**; **вывод** (т); **для** и := 1, ..., m **цикл** т [и] := entier (т[и]) + (10/6) × frac (т[и]); **вывод** (т); **вывод** (**истина**); **начало процедура** Ш2; **начало вещественный** ал, бэ, Сх2, Су2; хС := уС := Сх2 := Су2 := р := 0; **для** ж := 1, ..., н **цикл начало** хС := хС + х[ж]; уС := уС + у[ж]; Сх2 := Сх2 + (х[ж]) ↑ 2; Су2 := Су2 + (у[ж]) ↑ 2; р := р + х[ж] × у[ж] **конец**; хС := хС/н; уС := уС/н; Сх2 := (Сх2 — н× х ↑ 2)/(н — 1); Су2 := (Су2 — н × у С ↑ 2)/(н — 1); р := (р — н × уС × хС)/((п — 1) × (sqrt (Сх2 × Су2))); Сх := sqrt (Сх2); Су := sqrt (Су2); Сх := Сх/sqrt (н); Су := Су/sqrt (н); ал := sqrt ((Сх ↑ 2 — Су ↑ 2) ↑ 2 + (2 × р × Сх × Су) ↑ 2); бэ := Сх × Су × sqrt (ла2 × 2 × (1 — р ↑ 2)); а := бэ/sqrt (Су ↑ 2 + Сх ↑ 2 — ал); в := бэ/sqrt (Су ↑ 2 + Сх ↑ 2 + ал); Тэ := 90.0 × arctg ((2 × р × Сх × Су)/(Сх ↑ 2 — Су ↑ 2))/пи; **если** Су > Сх **то** Тэ := Тэ + 90; **вывод** (**истина**, а × 2, хС, уС, Тэ, sqrt (а ↑ 2 — в ↑ 2), а, в, **истина**); **вывод** (р, Сх, Су, хС, уС, а, в, Тэ) **конец**; **начало процедура** Ш1; **начало вещественный массив** а [1 : 3, 1 : 4]; **вещественный массив** X [1 : 3]; а [1,1] := а [1,2] := а [1,3] := а [1,4] := а[2,2] := а [2,3] := а[2,4] := а[3,3] := а[3,4] := 0; **для** и := 1, ..., m **цикл начало** а[1,1] := а[1,1] + (cos ом0 × т[и])) ↑ 2; а[1,2] := а[2,1] := а[1,2] + (sin (2 × ом0 × т[и]))/2; а[1,3] := а[3,1] := а[1,3] + cos (ом0 × т[и]); а[1,4] := а[1,4] + уу[и] × cos (ом0 × т[и]); а[2,2] := а[2,2] + (sin (ом0 × т[и])) ↑ 2; а[2,3] := а[3,2] := а[2,3] + sin (ом0 × т[и]); а[2,4] := а[2,4] + уу[и] × sin (ом0 × т[и]); а[3,3] := а[3,3] + 1; а[3,4] := а[3,4] + уу[и] **конец**; СП 0100 (3, а[1,1], X[1]); **вывод** (X); х[ж] := X[1]; у[ж] := X[2]; аш[ж] := X[3]; А[ж] := sqrt ((х[ж]) ↑ 2 + (у[ж]) ↑ 2); **фи**[ж] := 12 × arctg ((у[ж])/(х[ж]))/пи; **если** х[ж] < 0 **то** фи[ж] := фи[ж] + 12; де2[ж] := 0; **для** и := 1, ..., m **цикл начало** де2[ж] := де2[ж] + (х[ж] × cos (ом0 × т[и]) + у[ж] × sin (ом0 × т[и]) + в[ж] — уу[и]) ↑ 2 **конец**; де[ж] := sqrt ((де2[ж])/m); **вывод** (А[ж], фи[ж], де[ж]); **вывод** (**истина**) **конец**; СП 0177 (1032, уу[1], уу[m], 0, УУ[(ж — 1) × m + 1]); **вывод** (уу); Ш1; **если** ж ⩾ 5 **то начало вывод** (**истина**, ж, (2 × пи)/ом0, н, **истина**, **истина**, **истина**); н := ж; Ш2; н := 10; **вывод** (**истина**) **конец**; ж := ж + 1; **если** ж > н **то начало** 10 **раз цикл вывод** (**истина**); ж := 1 **конец конец конец конец конец конец конец конец конец конец** *

начало вещественный пи; **целый** М, и, л, к; пи := 3.141 593; ввод (М); вывод (М); К : ввод (л); вывод (л); **начало вещественный массив** ду0, Т, х, у[1 : л]; **вещественный массив** т, У, С[1: М]; ввод (Т, х, у); вывод (Т, х, у); **для** и := 1, ..., М **цикл начало** С[и] := 0; т[и] := 1 × и **конец**; **для** к := 1, ..., л **цикл начало** ду0[к] := 2 × пи/Т[к]; **для** и := 1, ..., М **цикл начало** У[и] := х[к] × cos (ду0[к] × т[и]) + у[к] × sin (ду0[к] × т[и]); С[и] := С[и] + У[и] **конец**; вывод (т, У, С, **истина**) **конец конец**; **на** К; **конец** *

ОГЛАВЛЕНИЕ

Игорь Петрович Емельянов

СТРУКТУРА БИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Утверждено к печати
Отделом прикладной математики и вычислительной техники
Якутского филиала СО АН СССР

Редактор издательства *Е. А. Лойко*
Художественный редактор *Н. М. Мезенцев*
Художник *Б. А. Васильев*
Технический редактор *С. А. Смородинова*
Корректоры *В. В. Борисова, О. А. Жмака*

ИБ № 29958

Сдано в набор 18.02.86. Подписано к печати 21.08.86. МН-02338. Формат 60 × 90 1/16. Бумага типографская № 3. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 11,5. Усл. кр.-отт. 11,5. Уч.-изд. л. 13,2. Тираж 2350 экз. Заказ № 52. Цена 1 р. 60 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука», Сибирское отделение. 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.

4-я типография издательства «Наука». 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресам:

480091 *Алма-Ата*, ул. Фурманова, 91/97 («Книга — почтой»);
370005 *Баку*, ул. Коммунистическая, 51 («Книга — почтой»);
232600 *Вильнюс*, ул. Университето, 4;
690088 *Владивосток*, Океанский проспект, 140 («Книга — почтой»);
320093 *Днепропетровск*, проспект Гагарина, 24 («Книга — почтой»);
734001 *Душанбе*, проспект Ленина, 95 («Книга — почтой»);
375002 *Ереван*, ул. Туманяна, 31;
664033 *Иркутск*, ул. Лермонтова, 289 («Книга — почтой»);
420043 *Казань*, ул. Достоевского, 53 («Книга — почтой»);
252030 *Киев*, ул. Ленина, 42;
252142 *Киев*, проспект Вернадского, 79;
252030 *Киев*, ул. Пирогова, 2;
252030 *Киев*, ул. Пирогова, 4 («Книга — почтой»);
277012 *Кишинев*, проспект Ленина, 148 («Книга — почтой»);
343900 *Краматорск*, Донецкая обл., ул. Марата, 1 («Книга — почтой»);
660049 *Красноярск*, проспект Мира, 84;
443002 *Куйбышев*, проспект Ленина, 2 («Книга — почтой»);
197345 *Ленинград*, Петрозаводская, ул. 7 («Книга — почтой»);
191104 *Ленинград*, Литейный проспект, 57;
199164 *Ленинград*, Таможенный пер., 2;
196034 *Ленинград*, В/О, 9 линия, 16;
220012 *Минск*, Ленинский проспект, 72 («Книга — почтой»);
117192 *Москва*, Мичуринский проспект, 12 («Книга — почтой»);
103009 *Москва*, ул. Горького, 19а;
117312 *Москва*, ул. Вавилова, 55/7;
630076 *Новосибирск*, Красный проспект, 51;
630090 *Новосибирск*, Морской проспект, 22 («Книга — почтой»);
142284 *Протвино*, Московская обл., ул. Победы, 8;
142292 *Пущино*, Московская обл., МР «В», 1;
620161 *Свердловск*, ул. Мамина-Сибиряка, 137 («Книга — почтой»);
700000 *Ташкент*, ул. Ю. Фучика, 1;
700029 *Ташкент*, ул. Ленина, 73;
700070 *Ташкент*, ул. Шота Руставели, 43;
700185 *Ташкент*, ул. Дружбы народов, 6 («Книга — почтой»);
634050 *Томск* Набережная р. Ушайки, 18;
634050 *Томск*, Академический проспект, 5;
450059 *Уфа*, ул. . . Зорге, 10 («Книга — почтой»);
450025 *Уфа*, ул. Коммунистическая, 49;
720000 *Фрунзе*, бульвар Дзержинского, 42 («Книга — почтой»);
310078 *Харьков*, ул. Чернышевского, 87 («Книга — почтой»).

